

ANNÉES

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

OCTOBRE 1953

Sixième année, n° 70.

SOMMAIRE

P. BASTARD, <i>Renforcement par soudure du pont de Douarnenez</i>	Pages. 901
H. PANTZ, <i>Exemples de charpentes d'immeubles soudées</i>	
Série : Construction métallique (XII).	
Compte rendu de la réunion de la Commission d'études techniques de la Chambre syndicale des Constructeurs en ciment armé 925	
L.-P. BRICE, <i>Les travaux de révision des règles B. A. 45</i> .	
N. ESQUILLAN, <i>Les théories de calcul à la rupture</i> .	
Y. SAILLARD, <i>La détermination d'un acier « TOR 60 »</i> .	
Série : Béton. Béton armé (XXIV).	
A. SAMUEL, <i>La prévention des incendies par l'ignifugation dans le bâtiment et la décoration</i> 937	
Série : Questions générales (XXII).	
JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR 1953	
Les combustibles	949
R. GIBLIN, <i>Choix des combustibles et sources d'énergie</i> .	
P. FORTAIN, <i>Choix de la qualité du combustible liquide pour le chauffage des locaux</i> .	
J. HARLE, <i>Les gaz liquéfiés de pétrole</i> .	
M. PINET, <i>Évolution du chauffage domestique au charbon en France</i> .	
Série : Équipement technique (XL).	
Quelques aspects de la recherche sur les matériaux et les constructions aux États-Unis (III) 979	
G. DAWANCE, <i>Machines et appareils d'essai</i> .	
A. SAIGNE, <i>Plomberie sanitaire</i> .	
Série : Essais et mesures (XXVIII).	
Documentation technique réunie en juillet 1953 991	
Documentation technique (LXVIII).	

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

28, BOULEVARD RASPAIL, PARIS (VI^e)

19, RUE LA PÉROUSE, PARIS (XVI^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS

9, AVENUE VICTORIA, PARIS (IV^e)

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

(Société à responsabilité limitée au capital de 600 000 F)

C. C. P. PARIS 8524-12

19, rue La Pérouse, PARIS-XVI^e

Tél. : PASsy 01-91

Une des principales missions de L'INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

consiste à mettre à la disposition de toute personne intéressée par les problèmes de la construction, une vaste documentation fournie par :

Le service de documentation de l'Institut Technique

qui dépouille plus de 400 périodiques techniques dont plus de la moitié viennent de l'étranger;

*Les Laboratoires du Bâtiment
et des Travaux Publics;*

*Des techniciens français et étrangers
de la profession.*

Soit au cours de conférences ou de visites de chantier organisées par le *Centre d'Études Supérieures*.

Soit dans des exposés traitant de questions ou de réalisations diverses.

A cet effet, l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics dirige la rédaction ou rédige :

1^o Des ouvrages divers parmi lesquels il faut citer : les Règles d'utilisation de certains matériaux (béton armé, acier, etc.), des Règles ayant trait à des problèmes particuliers (par exemple : les effets de la neige et du vent sur les constructions). L'application de certaines de ces règles a été rendue obligatoire par le **MINISTÈRE DE LA RECONSTRUCTION ET DE L'URBANISME** pour les travaux relevant de son autorité.

(La liste des publications et les conditions d'envoi sont adressées sur demande formulée à la *Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e - Tél. Passy 01-91.)

2^o Les ANNALES qui publient :

Les conférences et comptes rendus de visites de chantiers organisées par le **Centre d'Études Supérieures**;

Des études originales françaises et étrangères;

Les Manuels du béton armé, de la charpente en bois et de la construction métallique;

Les comptes rendus de recherches d'intérêt général poursuivies par les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics ;

Une documentation technique.

Chaque sujet est classé dans les séries suivantes :

Architecture et Urbanisme.

Technique générale de la construction.

Théories et Méthodes de calcul.

(*Résistance des matériaux.*)

Essais et Mesures.

Sols et fondations.

Gros œuvre.

(*Maçonnerie, travail du bois.*)

Construction métallique.

Travaux Publics.

Matériaux.

(*Pierres et Minéraux. Géologie.*)

Liants hydrauliques.

Béton. Béton armé.

Béton précontraint.

Équipement technique.

(*Électricité, chauffage et ventilation, froid, acoustique, plomberie, couverture, étanchéité.*)

Aménagement intérieur.

Matériel de chantier.

Questions générales.

(*Questions économiques, hygiène, sécurité.*)

Documentation technique.

Manuel du Béton armé.

Manuel de la Charpente en bois.

Manuel de la Construction Métallique.

EMBOITAGE POUR LES ANNALES

Pour permettre à nos abonnés de conserver facilement en bibliothèque avant reliure les numéros des « Annales », nous mettons à leur disposition un emboitage avec jaquette, pouvant contenir une année complète des « Annales ».

Au prix de	700 F
Plus frais d'expédition :	
France et Union Française	110 F
Étranger	190 F

Les demandes, accompagnées de leur montant, doivent être adressées à **La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e, C. C. P. Paris 8524-12. Elles seront satisfaites dans le délai maximum d'un mois.

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

RÉSUMÉS (OCTOBRE 1953)

SUMMARIES (OCTOBER 1953)

Fif maj' dec le **Ponts métalliques.**

Renforcement par soudure du pont de Douarnenez.
BASTARD (P.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953), n° 70 [Construction métallique (XII)], 15 p., 33 fig.

Construit en 1885, le pont rivé de Douarnenez présentait en 1941 des déformations importantes causant des vibrations lors du passage de charges roulantes sur le pont. Le renforcement par soudure a posé le problème délicat du soudage du fer puddlé, qui dans sa période de refroidissement entre 600 et 400° C, est relativement fragile. Pour augmenter la sécurité des assemblages, des cordons de soudure d'angle ont été exécutés sur du métal préalablement déposé par rechargement « beurrage » du côté fer puddlé. L'auteur décrit les techniques particulières de soudage des diverses pièces de renforcement, l'organisation du chantier, les contrôles effectués, les épreuves subies et indique le prix de revient des opérations.

CDU 624.27 : 693.97.

Fif maj' dec le **Steel Bridges.**

Reinforcement of the Douarnenez bridge by welding. BASTARD (P.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (October 1953), n° 70 [Metal Construction (XII)], 15 p., 33 fig.

Built in 1885, the riveted bridge at Douarnenez showed in 1941 severe deformations that caused vibration under the action of live loads on the bridge. Reinforcement by welding posed the delicate problem of welding puddled iron, which is relatively brittle between 600 and 400 °C during its cooling period. To increase the safety of joints, angle fillet welds were made on metal previously deposited by surfacing « beurrage » on the puddled iron side. The author describes the techniques peculiar to the welding of the different reinforcing members, to the worksite organization and the controls made and to the tests performed. He also indicates the production cost of those operations.

UDC 624.27 : 693.97.

Dec le' laj **Charpentes métalliques soudées.**

Exemples de charpentes d'immeubles soudées.
PANTZ (H.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953) n° 70, [Construction métallique (XII)], 8 p., 19 fig.

Le prix de revient au kg de l'ossature soudée des charpentes métalliques d'immeubles est sensiblement égal à celui de la charpente rivée, mais le gain de poids révèle pour l'ensemble une économie totale de l'ordre de 15 %. Par ailleurs, la rapidité d'exécution d'une charpente soudée, grâce à une organisation rationnelle du chantier et à la préfabrication en atelier d'éléments levés ensuite par grue sur place, facilite le travail de pose de la façade et des planchers au fur et à mesure de l'élévation de l'immeuble. Le prix de revient est influencé par la quantité de soudures faites préalablement en atelier, ces dernières étant plus économiques que les soudures effectuées sur chantier. Cinq exemples d'immeubles parisiens à charpente métallique soudée sont donnés avec indication des temps d'exécution et de montage.

CDU 693.97 : 621.791.

Deb ne **Béton armé.**

Compte rendu de la réunion de la Commission d'études techniques de la Chambre Syndicale des Constructeurs en ciment armé. BRICE (L.-P.), ESQUILLAN (N.) et SAILLARD (Y.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953), n° 70 [Béton, béton armé (XXIV)], 12 p., 1 fig.

M. BRICE expose tout d'abord les travaux de révision des Règles B. A. 45. Ce projet donnera une latitude plus grande aux constructeurs désireux de perfectionner leur technique; il ne comportera que des règles assez générales, complétées par des commentaires explicatifs. Par ailleurs, il semble nécessaire de tenir compte de l'influence défavorable des surcharges par rapport au poids propre, ainsi que de l'utilisation d'acières à limite élastique élevée et à adhérence améliorée. Enfin, des règles plus simples sont proposées pour le calcul des moments fléchissants et pour les questions d'effort tranchant, sans constituer d'ailleurs une solution définitive de ces problèmes.

Dec le' laj **Welded Steel Frames.**

Examples of welded building frames. PANTZ (H.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (October 1953), n° 70 [Metal construction (XII)], 8 p., 19 fig.

The production cost of one kg of welded skeleton of a metal building frame about equals that of the riveted frame, but the gain in weight for the whole is about 15 %. In addition, the rapidity of frame welding through a rational organization at the work site and prefabrication in the workshop of elements hoisted subsequently into position by cranes makes easier the raising up of the walls as building proceeds. The production cost is conditioned by the number of shop welds, as these are more economical than field welds. Five examples of Parisian buildings with welded metal frames are given with indication of the time spent in erection and assembly.

UDC 693.97 : 621.791.

Deb ne **Reinforced concrete.**

Proceedings of the meeting of the technical investigation Committee of the reinforced concrete builders Association. BRICE (L.-P.), ESQUILLAN (N.) et SAILLARD (Y.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (October 1953), n° 70 [Concrete, reinforced concrete (XXIV)], 12 p., 1 fig.

First, Mr. BRICE presents the work on the revision of R. C. Rules 45. This project gives a greater freedom to builders wishing to improve their technique. It contains only fairly general rules with explanatory comments. It seems necessary to take into account the unfavorable influence of live loads in relation to the dead weight, as well as the use of high-strength steel with improved bond qualities. Finally, simpler rules are proposed for the calculation of bending moments and vertical shears, without claiming to present the definitive solution of these problems.

Dic l' cof l *Congrès du Chauffage.*

Évolution du chauffage domestique au charbon en France. PINET (M.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953), n° 70 [Équipement technique (XL)], 3 p.

Le conférencier indique l'évolution, en France, des possibilités de l'emploi des combustibles solides dans le chauffage domestique et signale que si les pourcentages de charbon extrait en France sont en augmentation, il y a par rapport à l'avant-guerre, une modification profonde de la répartition de ce tonnage en « qualité ».

Les problèmes particuliers qui en résultent sont résolus en partie par les dispositifs automatiques d'alimentation et d'extraction. Le conférencier souligne les avantages que présentent les combustibles solides au point de vue de la sécurité : d'emploi, de prix, d'approvisionnement. Il exprime, enfin, le vœu de voir les architectes améliorer les conditions d'emplacement et d'aménagement des chaufferies.

CDU 697 (061.3).

Dic l' cof l *Congress for Heating.*

Evolution of domestic coal heating in France. PINET (M.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (October 1953), n° 70 [Technical equipment (XL)], 3 p.

The lecturer indicates the evolution in France of the possibilities for using solid fuels in domestic heating. He points out that although the quantities of coal extracted in France are on the increase, there is, in comparison with the pre-war period, a profound change in the distribution of this tonnage in « quality ».

The special problems resulting from this are partially solved by automatic devices for boiler stoking and ash extraction. The lecturer stresses the advantages presented by solid fuels from the point of view of safe use, cost and supply. On conclusion, he expresses the desire of seeing architects improve the location and arrangement of heating plants.

UDC : 697 (061.3).

Caf la

Essais et mesures.

Quelques aspects de la recherche sur les matériaux et les constructions aux États-Unis (III). Machines et appareils d'essai. DAWANCE (G.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953), n° 70 [Essais et mesures (XXVIII)], 9 p., 14 fig.

L'auteur décrit quelques types nouveaux de machines d'essai américaines dont les dispositions sont intéressantes. Une machine de fatigue Sonntag construite par BALDWIN permet une charge alternative avec une précharge statique et opère à froid ou à chaud. Les modèles récents de machines d'essai comportent des dispositifs électroniques de mesure des efforts et des déplacements. En photo-élasticité on utilise des matériaux nouveaux et un comparateur photoélectrique pour l'interpolation entre les franges. Un nouveau procédé permet de noyer des extensomètres dans le béton. On utilise des modèles réduits en plâtre pour déterminer approximativement la position de la contrainte maximum de traction. Pour l'essai des sols, on utilise une nouvelle cellule triaxiale. La mesure des densités des terrains s'opère au moyen des rayons γ . De même la teneur en eau des sols est basée sur un comptage de neutrons. En construction métallique, l'emploi de la tôle d'acier pliée prend un grand développement. Les mesures sur les massifs rocheux concernent les déformations dans les tunnels et la mesure du module d'élasticité du sol par la méthode du vérin.

CDU 620.1 : 691.

Caf la

Testing and measuring.

Some aspects of research on materials and structures in the United States (III). DAWANCE (G.); Ann. I. T. B. T. P., Fr. (October 1953), n° 70 [Testing and measuring (XXVIII)], 9 p., 14 fig.

The author describes some new types of American testing machines the arrangements of which are of interest. A Sonntag fatigue testing machine built by BALDWIN makes possible the combination of alternating loads with a static preload and can be operated at normal or high temperatures. The recent models of testing machines include electronic devices for measuring loads and displacements. In the field of photoelasticity new materials are being used as well as a photoelectric comparator for interpolation between the interference fringes. A new process makes it possible to embed strain gages in concrete. Scale models in plaster are being used to determine approximately the position of the major principal tensile stress. For soil testing, a new triaxial cell is in use. The measurement of the specific gravity of soils is effected by means of γ rays. In the same way, the water content of soils is based on neutron counting. In metal construction the use of bent sheet steel is largely increasing. Measurements on rocky masses are applied to deformations in tunnels and to the determination of the modulus of elasticity of soils through the jack method.

UDC 620.1 : 691.

Dib

Installations sanitaires.

Quelques aspects de la recherche sur les matériaux et les constructions aux États-Unis (III). Plomberie sanitaire. SAIGNE (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (octobre 1953), n° 70 [Essais et mesures (XXVIII)], 3 p.

En matière de plomberie sanitaire, M. SAIGNE, après un exposé très général des conceptions américaines, décrit les laboratoires américains où de très grands locaux sont consacrés à la recherche.

CDU 696-1.

Dib

Sanitary installations.

A few aspects of the research on materials and buildings in the U. S. A. (III). Sanitary plumbing. SAIGNE (A.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (October 1953), n° 70 [Testing and measuring (XXVIII)], 3 p.

On the question of sanitary plumbing, Mr. SAIGNE, after a very general review of American ideas, describes American laboratories where very large premises are devoted to research.

UDC 696-1.

XII

SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1953

Sixième Année, N° 70.

Série : CONSTRUCTION MÉTALLIQUE (XII).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 24 MARS 1953

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. Jean SCHWARTZ**,
Président de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Constructions Métalliques.

REINFORCEMENT PAR SOUDURE DU PONT DE DOUARNENEZ

Par **M. Paul BASTARD**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Quimper.

RÉSUMÉ

Construit en 1885, le pont rivé de Douarnenez présentait en 1941 des déformations importantes causant des vibrations lors du passage de charges roulantes sur le pont. Le renforcement par soudage a posé le problème délicat du soudage du fer puddlé, qui, dans sa période de refroidissement entre 600 et 400° C, est relativement fragile. Pour augmenter la sécurité des assemblages, des cordons de soudure d'angle ont été exécutés sur du métal préalablement déposé par rechargeement « beurrage » du côté fer puddlé. L'auteur décrit les techniques particulières de soudage des diverses pièces de renforcement, l'organisation du chantier, les contrôles effectués, les épreuves subies et indique le prix de revient des opérations.

SUMMARY

Built in 1885, the riveted bridge at Douarnenez showed in 1941 severe deformations that caused vibration under the action of live loads on the bridge. Reinforcement by welding posed the delicate problem of welding puddled iron, which is relatively brittle between 600 and 400° C during its cooling period. To increase the safety of joints, angle fillet welds were made on metal previously deposited by surfacing « beurrage » on the puddled iron side. The author describes the techniques peculiar to the welding of the different reinforcing members, to the worksite organization and the controls made and to the tests performed. He also indicates the production cost of those operations.

EXEMPLES DE CHARPENTES D'IMMEUBLES SOUDÉES

Par **M. Henri PANTZ**, Ingénieur A. et M. et E. C. P.

RÉSUMÉ

Le prix de revient au kg de l'ossature soudée des charpentes métalliques d'immeubles est sensiblement égal à celui de la charpente rivée, mais le gain de poids révèle pour l'ensemble une économie totale de l'ordre de 15 %. Par ailleurs, la rapidité d'exécution d'une charpente soudée, grâce à une organisation rationnelle du chantier et à la préfabrication en atelier d'éléments levés ensuite par grue sur place, facilite le travail de pose de la façade et des planchers au fur et à mesure de l'élévation de l'immeuble. Le prix de revient est influencé par la quantité de soudures faites préalablement en atelier, ces dernières étant plus économiques que les soudures effectuées sur chantier. Cinq exemples d'immeubles parisiens à charpente métallique soudée sont donnés avec indication des temps d'exécution et de montage.

SUMMARY

The production cost of one kg of welded skeleton of a metal building frame about equals that of the riveted frame, but the gain in weight for the whole is about 15 %. In addition, the rapidity of frame welding through a rational organization at the work site and prefabrication in the workshop of elements hoisted subsequently into position by cranes makes easier the raising up of the walls as building proceeds. The production cost is conditioned by the number of shop welds, as these are more economical than field welds. Five examples of Parisian buildings with welded metal frames are given with indication of the time spent in erection assembly.

**INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
ASSOCIATION FRANÇAISE DES PONTS ET CHARPENTES
ASSOCIATION DES INGÉNIEURS-SOUDEURS**

RENUFORCEMENT PAR SOUDURE DU PONT DE DOUARNENEZ

EXPOSÉ DE M. BASTARD

I. — Description de l'ouvrage primitif.

La route nationale 165 de Nantes à Audierne (embranchement R. N. 165-A allant à Douarnenez) (fig. 1) franchit par un pont métallique le bras de mer dit de Port-Rhu entre les anciennes communes, actuellement fusionnées, de Douarnenez et de Tréboul. Ce pont réunit également le centre de la ville à la gare de Douarnenez. C'est dire que son importance est vitale pour l'agglomération douarneniste (fig. 2).



FIG. 1. — Situation géographique.

L'ouvrage primitif, construit en fer puddlé, comporte essentiellement deux poutres maîtresses continues à treillis triple, en trois travées égales d'une portée de 58 m chacune (fig. 3). Ces poutres ont une hauteur totale de 5,60 m et sont espacées d'axe en axe de 5,50 m. Elles reçoivent au-dessus de leurs semelles supérieures, tous

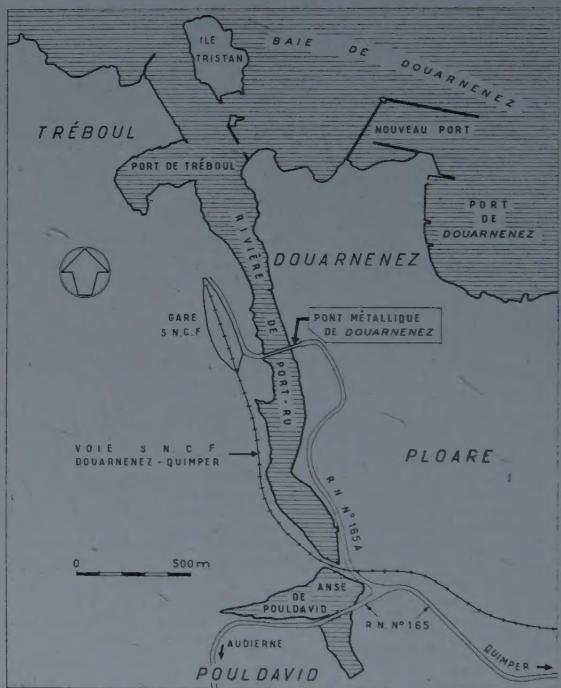


FIG. 2. — Schéma d'implantation du pont de Douarnenez.

les 1,45 m des pièces de pont sur lesquelles reposent des voûtains en briques; ces voûtains supportent eux-mêmes une forme de sable sur laquelle sont posés des pavés de fonte. (Ceux-ci ont été par la suite revêtus de bitume.)



FIG. 3. — Élévation générale.



FIG. 4. — Diagonales de treillis de poutre maîtresse.

Noter également à la partie supérieure :

- Les voûtais de briques et les pièces de pont, avant renforcement ;
- Une pièce de contreventement horizontal supérieur.



FIG. 5. — Montants verticaux de poutre maîtresse.

Noter également :

- Les diagonales rivées (anciennes), soudées (nouvelles), à gauche, sur contreventement vertical et transversal.

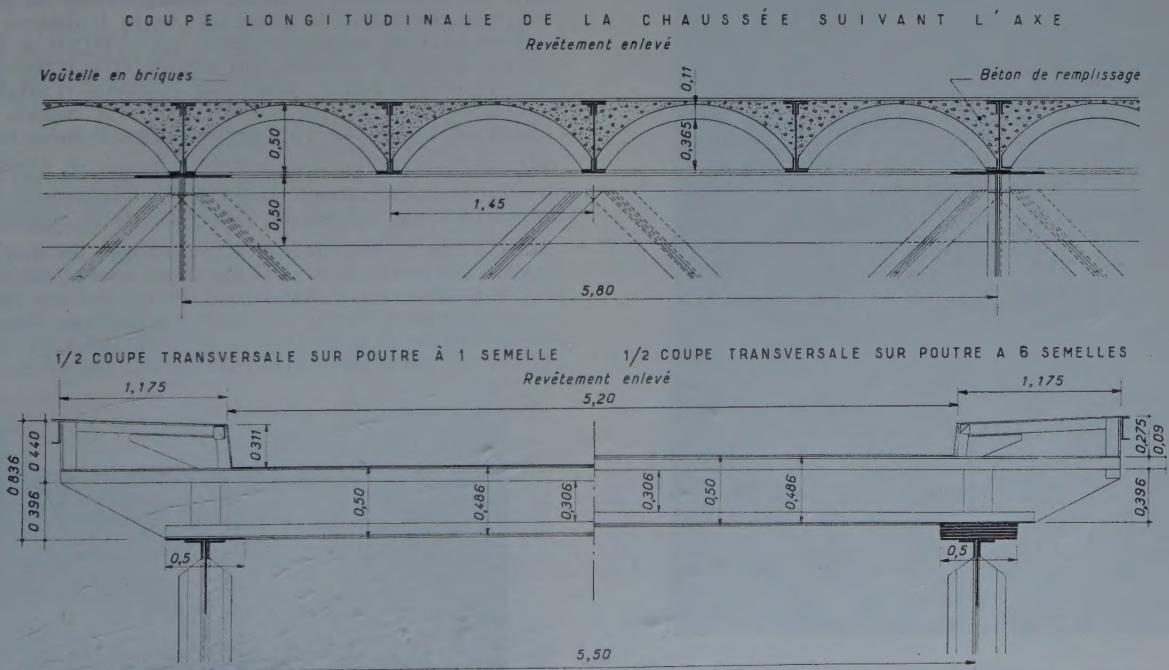


FIG. 6. — Coupe longitudinale et transversale au niveau des pièces de pont.

Le treillis de ces poutres maîtresses est constitué :

— De diagonales (fig. 4) formées d'une section en forme de fer à T composée d'une âme et de deux cornières; ces diagonales sont inclinées à 46° sur la verticale;

— De montants verticaux (fig. 5) eux-mêmes constitués d'une triangulation, triangulation à travers laquelle passent les diagonales. L'espacement de deux montants consécutifs est de 5,80 m.

Les pièces de pont (fig. 6) dépassent l'extérieur des semelles des poutres maîtresses et supportent ainsi les trottoirs en encorbellement. Toutes sont reliées aux

semelles des poutres maîtresses directement par leurs cornières; toutefois, tous les 5,80 m, c'est-à-dire toutes les cinq pièces de pont, cette liaison est renforcée (fig. 7) :

— Par un gousset horizontal qui reçoit en même temps les contreventements horizontaux supérieurs, constitués d'un fer à T;

— Par un gousset vertical qui reçoit en même temps les contreventements verticaux, en forme de croix de Saint-André, constitués de cornières opposées.

Les barres de contreventements horizontaux inférieurs sont formées de deux cornières opposées.

II. — Construction de l'ouvrage (1883-1885).

La construction du pont a été réalisée de 1883 à 1885, parallèlement à celle de la voie ferrée Quimper-Douarnenez. L'établissement du projet et la direction des travaux furent assurés par le Service Études et Travaux des Chemins de Fer, lequel était à l'époque rattaché à l'Administration des Ponts et Chaussées; l'ouvrage fut exécuté par la Société des Ateliers et Chantiers de la Loire.



FIG. 7. — Liaison des poutres maîtresses et des pièces de pont.

(Les pièces de pont sont photographiées après leur renforcement.)

Nous ouvrirons ici une parenthèse pour relater brièvement un très important accident survenu au cours du lancement le 8 décembre 1883. Cet accident est d'ailleurs exposé dans un article paru dans le *Génie Civil* du 3 janvier 1885 et dans l'ouvrage de M. GODARD, paru en 1923 dans l'*Encyclopédie Mesnager* « Ponts et Charpentes Métalliques ».

Pour lancer l'ouvrage (dont la longueur est de 174 m), on ne disposait que d'une plate-forme de lancement de 90 m; il fallait donc opérer par voie de lancements successifs.

On a commencé par construire un tronçon de 83 m d'ouvrage sur la rive Tréboul et on l'a fait avancer jusqu'à obtenir un porte-à-faux de 29 m au delà de la culée; puis, après construction à terre d'un nouveau tronçon à l'emplacement devenu disponible, le lancement a été repris de manière à dépasser suffisamment la première pile pour permettre le montage de la troisième travée. L'ouvrage étant ainsi complété, on a repris à nouveau l'opération de lancement qui devait être terminée dans cette troisième phase. C'est au moment d'atteindre la deuxième pile (fig. 8) que l'ouvrage s'est rompu (fig. 9), l'about du tablier venant s'appliquer sur le lit de la rivière.

L'accident fut attribué à un manque de précautions au cours du lancement. C'est à M. l'Ingénieur en Chef CONSIDÈRE que fut confié l'examen de la situation.

Les 3/5 de la travée tombée, ainsi que les deux autres travées, étaient intactes. Il fut donc décidé de relever la travée tombée en transformant la cassure en charnière. Il s'agissait de soulever une poutre métallique longue d'un peu moins de 56 m et pesant environ 160 t en la faisant pivoter autour d'une de ses extrémités, tandis que l'autre,



FIG. 8. — Le pont en cours de lancement (1883).



FIG. 9. — L'accident du 8 décembre 1883.

décrivant un grand arc de cercle, se relèverait de 22 m, hauteur de la chute. Voici comment l'opération fut exécutée :

La travée tombée, après avoir été solidement soutenue par un échafaudage dans sa partie supérieure, fut complètement séparée du reste de l'ouvrage, puis réunie à celui-ci par deux robustes charnières; dans l'axe horizontal de ces charnières était passé un pivot en acier autour duquel la travée pouvait tourner librement.

L'autre extrémité — celle qu'il fallait relever — fut saisie par quatre doubles chaînes; celles-ci faisaient retour sur des galets solidement fixés à la partie supérieure d'une charpente que l'on construisit spécialement

à cet effet; puis elles venaient s'attacher aux quatre angles d'une grande caisse en tôle lestée de rails et pouvant contenir 80 m³ d'eau, capable par conséquent d'équilibrer la travée à relever.

En chargeant convenablement la caisse au moyen d'une pompe de refoulement on obtenait une force dont on était libre de fixer la grandeur et que l'on pouvait rendre assez importante pour provoquer le soulèvement de la travée.

Toutefois, pour rester maître du mouvement à tout instant, on ne chargea pas complètement la caisse et on se contenta d'équilibrer à peu près tout le système, de façon qu'il restât une différence de quelques tonnes en faveur de la travée métallique.

Pour vaincre cette différence, on disposait de deux treuils placés au sommet de l'échafaudage et manœuvrés par quatre hommes. L'essai de l'appareil fut fait le 1^{er} août 1884. On souleva le pont de 45 cm et on le laissa dans cette position pendant 24 heures; on s'assura à l'aide d'appareils enregistreurs que le travail des fers était conforme au calcul et l'examen de la charpente démontra également qu'elle se comportait parfaitement.

L'opération de relèvement fut effectuée le lendemain et la foule assemblée vit l'énorme masse de fer obéir docilement à la volonté des quatre hommes placés aux treuils.

Ce fut un plein succès et le pont put être mis en service en 1885.

III. — Nécessité du renforcement.

Le pont de Douarnenez avait donc bien mal commencé son existence. On put craindre entre 1941 et 1950 qu'il ne la termine plus rapidement que prévu.

En effet, l'inspection détaillée de 1941 permit de constater une légère déformation permanente de six montants verticaux des poutres maîtresses et le cisaillage de trois des rivets d'un de ces mêmes montants.

Aussitôt ces constatations faites, il fut décidé de rechercher l'origine de ces déformations et incidents. La note de calcul du dossier de construction du pont n'ayant pu être retrouvée dans les archives, il fut nécessaire d'en refaire les calculs principaux. Ce travail fut exécuté en 1941 par le Chef de Bureau d'études de M. l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du Finistère. Nous extrayons de son rapport les passages suivants :

« Il convient de rappeler que le règlement sur les ponts métalliques du 9 juillet 1877, sous l'empire duquel a été construit le pont de Douarnenez fixe à 6 kg/mm² le taux de travail admissible dans le fer. Toutefois, le règlement du 29 août 1891 qui a été substitué au règlement de 1877 porte ce taux limite à 8,5 kg/mm² pour les ouvrages de plus de 30 m de portée lorsque le fer utilisé présente un allongement à la rupture de 8 % et une résistance de rupture de 32 kg/mm² (toutes conditions réalisées d'après les caractéristiques du pont rappelées plus haut et les résultats des essais sur éprouvettes figurant dans les archives).

« Le règlement sur les ponts métalliques du 10 mai 1927 substitué par la suite au règlement de 1891 ne prévoyait pas de nouvelles limites de fatigue à accepter dans le fer. Il semble donc que sont restées applicables à cet égard les données du règlement de 1891.

« Or, le calcul montre que sous la seule charge permanente et sans tenir compte ni du vent, ni des efforts anormaux dus à l'excentricité des attaches, ainsi qu'au défaut de convergence des axes des pièces, le travail du fer dépasse en de nombreux éléments 8,5 kg/mm² et atteint même dans l'élément le plus fatigué 9,21 kg/mm².

« Des recherches faites dans les archives, il semble que le résultat tient à ce que les auteurs du projet n'ont pas tenu compte :

« — De l'augmentation du poids mort résultant de modifications intervenues en cours de construction; le poids mort est, dans l'état actuel de la chaussée, de 4 660 kg par mètre linéaire de pont au lieu de 4 250 kg, chiffre adopté par les auteurs du projet;

« — Des trous de rivets;

« — Du travail de flexion des semelles supérieures des poutres maîtresses en raison de l'appui de certaines pièces de pont entre deux noeuds de diagonale;

« — De la majoration de flambage.

« En outre, dès la mise en service du pont, il a été constaté, nous disent les archives, que les diagonales du treillis des poutres avaient un flambage d'ensemble dont la flèche atteignait jusqu'à 15 mm, dont la cause n'apparaissait pas clairement. Ce cintre est l'origine, dans les diagonales, d'efforts secondaires considérables de flexion puisqu'il faut les évaluer jusqu'à 2,95 kg/mm².

« Le pont ne se soutient donc pas lui-même dans les conditions de sécurité imposées par le règlement de 1891 et considérées, ainsi qu'il a été dit plus haut, comme encore applicables en la circonstance.

« Si en fait, aucun trouble n'a été relevé sur l'ouvrage,

cela semble dû à ce que si la circulation sur le pont est importante, elle est par contre légère; mais des accidents graves se produiraient vraisemblablement au passage occasionnel de convois de camions lourds ou d'un très gros véhicule. »

Que pouvait-on faire à l'époque ? Il n'était pas question en 1942 de renforcer le pont. On dut se contenter de réglementer la circulation sur l'ouvrage par un arrêté préfectoral du 8 août 1942.

La Libération vint, les chars américains passèrent sur le pont de Douarnenez... sans respecter l'arrêté de 1942. Le pont ne s'effondra pas et ne justifia donc pas les prévisions pessimistes du Chef du Bureau d'Études; mais les inspections suivantes permirent de constater de nouveaux cisaillements de rivets; l'alarme fut donnée par l'inspection de 1947 au cours de laquelle on constata que dans les seuls montants verticaux trente-huit rivets supplémentaires avaient été cisaiillés.

IV. — Étude du renforcement.

1^o Préliminaires.

Une décision ministérielle du 19 décembre 1947 nous autorisa à confier à la Société d'Études S. E. C. R. O. M. l'étude du renforcement : faute de temps il n'était pas possible, en effet, à nos services locaux d'entreprendre eux-mêmes cette étude.

Toutefois, depuis 1941, toutes les archives du pont de Douarnenez avaient malheureusement disparu au cours d'un déménagement subit des bureaux des Ponts et Chaussées de Quimper, quelques jours avant la Libération, sur l'ordre des Allemands.

La S. E. C. R. O. M. se chargea donc tout d'abord de rétablir les plans complets de l'ouvrage existant.

2^o Principes de base.

La détermination des pièces neuves de renforcement en acier a reposé sur deux hypothèses qui ont été vérifiées expérimentalement à plusieurs reprises, notamment lors du renforcement de l'ancien pont tournant de Brest, du renforcement du pont d'Austerlitz à Paris pour la Compagnie du Métropolitain et du renforcement des anciens ponts sur l'Ille à Strasbourg :

Une fois l'ouvrage renforcé,

a) Les contraintes dues aux anciennes charges permanentes sont absorbées par l'ossature ancienne qui a pris de ce fait une certaine déformation initiale. Autrement dit, le métal ancien encaisse seul les efforts dus aux anciennes charges permanentes, lesquelles ne créent par conséquent aucune contrainte dans le métal nouveau.

b) Les efforts sous les surcharges et sous le poids propre additionnel du renforcement sont pris par l'ensemble supposé homogène des sections renforcées : autrement dit, le métal ancien et le métal nouveau se partagent les efforts dus aux surcharges et au poids permanent de renforcement.

3^o Choix des contraintes admissibles.

Comme nous l'avons dit plus haut, le règlement de 1891 fixait à 8,5 kg/mm² le taux de contrainte maximum dans le métal ancien (fer).

Toutefois les expériences passées de renforcement d'ouvrages en fer puddlé nous permirent d'adopter 10,5 kg/mm² comme chiffre limite. Comme l'écrivait très clairement M. LECOMTE, alors Ingénieur des Ponts et Chaussées, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (numéro de mai 1938) à propos du renforcement du pont tournant

de Brest, « il est certain que, par suite des hypothèses faites pour la répartition des charges, et notamment du poids mort du renforcement, et des hypothèses simplificatives de calcul, il subsiste une part notable d'incertitude pour le taux de travail de l'ancien métal. Nous ne croyons pas qu'il puisse en résulter d'inconvénients car, en admettant même que sur une pièce de l'ancien métal le taux de travail atteigne à un moment donné la résistance élastique, du fait que, à partir de la résistance élastique, l'allongement du métal croît sans que la résistance augmente notablement, le métal rapporté, dont le taux de travail est plus faible et la limite élastique beaucoup plus élevée, viendra résister à l'excès de charge sans que le taux de travail du métal conservé augmente ».

Pour le renforcement du pont de Brest (1935-1936), la limite supérieure du taux de travail du fer ancien avait ainsi été fixée à 12 kg/mm².

Pour le renforcement des ponts sur l'Ille (1935-1936), elle avait été fixée à 11 kg/mm² sans vent.

A Douarnenez, il parut que compte tenu de la légèreté de l'ouvrage, dont les éléments étaient beaucoup plus grêles que ceux du pont de Brest, il y avait lieu de s'en tenir à un maximum de 10,5 kg/mm². Encore ce maximum ne s'appliqua-t-il qu'aux membrures des poutres maîtresses du pont. Pour toutes les autres pièces, on conserva le taux limite de 8,5 kg/mm².

En ce qui concerne l'acier de renforcement, la contrainte maximum admise fut de 13,5 kg/mm² au lieu des 13 kg/mm² fixés par la Circulaire du 29 août 1940, afin de tenir compte de la triangulation existante conservée.

Le calcul des surcharges a été fait suivant le système des surcharges b) de la Circulaire du 29 août 1940 composé de camions de 25 t équivalant à une surcharge répartie de 952 kg/m² de chaussée. La surcharge totale est de 2 890 kg par mètre courant et par poutre maîtresse.

4^o Conclusion des études.

Sous les surcharges de la Circulaire, les diagonales des poutres maîtresses travaillaient à des taux excessifs allant jusqu'à 18 kg/mm². Ce fait provenait en partie de l'excentricité des attaches sur les membrures. Le renforcement direct de ces diagonales et la correction de leur excentricité eussent entraîné à des dépenses onéreuses. Il a été jugé préférable d'ajouter de nouvelles diagonales en acier intercalées entre les diagonales existantes. C'est ainsi qu'à l'ancien treillis triple des poutres maîtresses a été substitué dans le nouvel ouvrage un treillis quintuple.

De même s'avéra la nécessité de renforcer :

- Les membrures supérieures et inférieures des poutres maîtresses;
- Les membrures des montants verticaux des poutres maîtresses;
- Les pièces de pont;

- Certains des contreventements horizontaux inférieurs.

Enfin, pour augmenter la rigidité du pont à la torsion, il fut décidé d'ajouter dans l'ouvrage des contreventements obliques s'appuyant sur les extrémités des montants.

V. — Exécution du renforcement.



FIG. 10. — Passerelle roulante de service et vue générale. A droite, la rive Douarnenez; à gauche, la rive Tréboul.

1^o Préliminaires.

Un projet d'exécution fut établi sur la base des études faites par la S. E. C. R. O. M. C'est à La Soudure Auto-gène Française que furent confiés les travaux, à la suite d'une consultation d'entreprises françaises. L'ordre de service de commencer fut lancé le 8 mai 1950.

2^o Déformations constatées sur l'ouvrage avant renforcement.

Indépendamment des incidents particuliers que constituait le cisaillement de nombreux rivets, l'ouvrage, avant son renforcement, présentait de nombreuses déformations.

Dans le plan longitudinal et vertical de chaque poutre maîtresse, les diagonales existantes présentaient un flambage d'ensemble dont la flèche atteignait jusqu'à 15 mm. Ce bombement général du plan était dirigé soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur.

Les montants verticaux des poutres maîtresses semblaient avoir opéré un effet de poinçon sur les membrures inférieures de poutres maîtresses, puisqu'il fut constaté sur celles-ci des déformations longitudinales en sinusoidé et dont les points bas correspondaient au montant.

Les barres en croix des contreventements verticaux transversaux, accusaient elles aussi un flambage permanent de leur plan.

La constatation de ces flambages et de ces déformations permanentes expliquait les vibrations importantes constatées lors du passage des charges roulantes sur l'ouvrage.

3^o Précautions prises pour la marche des travaux.

Ces observations réclamaient la plus grande prudence dans l'examen des méthodes et des phases de travail à prévoir.

C'est ainsi que, pour surcharger au minimum les éléments métalliques anciens pendant les travaux, il fut décidé :

1^o De ne travailler que sur une portion d'échafaudage de 12 m de longueur, soit 1/5 de la portée d'une travée;

2^o De renforcer préalablement les séries de diagonales les plus fatiguées situées près des appuis, avant toute adjonction d'autres renforcements.

L'entreprise fut, dans ces conditions, conduite à imaginer la réalisation d'une passerelle de service roulante suspendue au pont, passerelle dont nous étudierons plus loin les dispositions principales (fig. 10).

4^o Programme des travaux.

Il fut établi comme suit :

1^o Montage de la passerelle au sol, sur la rive droite (côté Douarnenez).

2^o Levage et montage de cette passerelle sous l'ouvrage.

3^o Phase aller (la passerelle parcourant au cours de cette phase toute la longueur du pont, de la rive Douarnenez à la rive Tréboul) : pose des diagonales neuves près des appuis des trois travées, avec renforcement préalable des montants correspondants.

4^o Phase retour (la passerelle revenant au cours de cette phase de la rive Tréboul à la rive Douarnenez) :

— Pose des diagonales de renforcement restant à mettre en œuvre avec renforcement préalable des montants;

— Renforcement des membrures;

— Renforcement du contreventement horizontal inférieur;

— Renforcement des pièces de pont;

- Réparations diverses (rechargements et remplacements d'éléments rouillés);
- Pose des contreventements obliques neufs.

5^o La passerelle roulante de service.

Cette passerelle, en charpente métallique légère, fut conçue pour résister aux surcharges de travail et au vent violent de la région.

Elle comportait (fig. 11 et 12) :

— Un plancher général inférieur pouvant s'ouvrir au passage des piles de la façon suivante : dans l'axe du pont, un système de verrouillage permettait de libérer les deux demi-planchers dont chacun était articulé aux extrémités;

— Deux planchers latéraux supérieurs sous lesquels étaient placés à demeure les postes de soudage;

— Un plancher médian supérieur, aménagé de façon à pouvoir passer, en roulant, sous les contreventements transversaux au fur et à mesure du déplacement de la passerelle : bien entendu, ce plancher régnait au même niveau que les planchers latéraux; il en était séparé par des vides réservant toute aisance pour le montage des barres.

La passerelle roulait à sa partie inférieure, par l'intermédiaire de deux fers à U renversés, sur des galets d'axe horizontal fixés à des entretoises provisoires reposant elles-mêmes sur les membrures inférieures des poutres maîtresses (fig. 13).

Les manœuvres de passage de la passerelle aux piles se faisaient avec la précaution suivante : des guidages latéraux (fig. 12) soudés à la passerelle roulaient sur des galets d'axe vertical fixés aux abouts des pièces de pont, de façon à éviter le déversement de la passerelle pendant l'ouverture du plancher général inférieur.

Il avait été primitivement envisagé, pour ce passage des piles, d'entretoiser les deux joues de la passerelle par-dessus la chaussée. Il eût

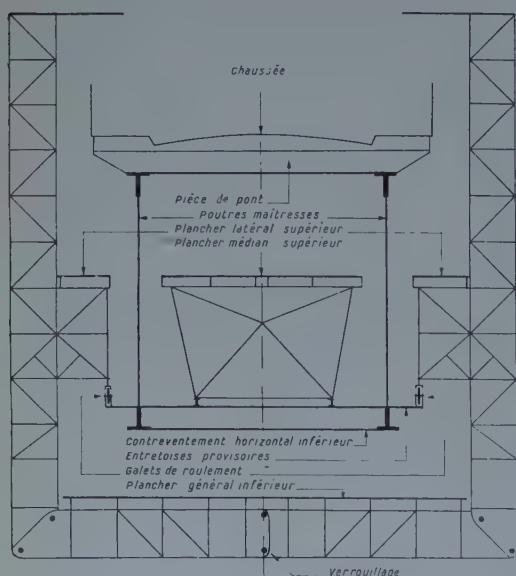


FIG. 11. — Schéma de la passerelle roulante (position fermée).

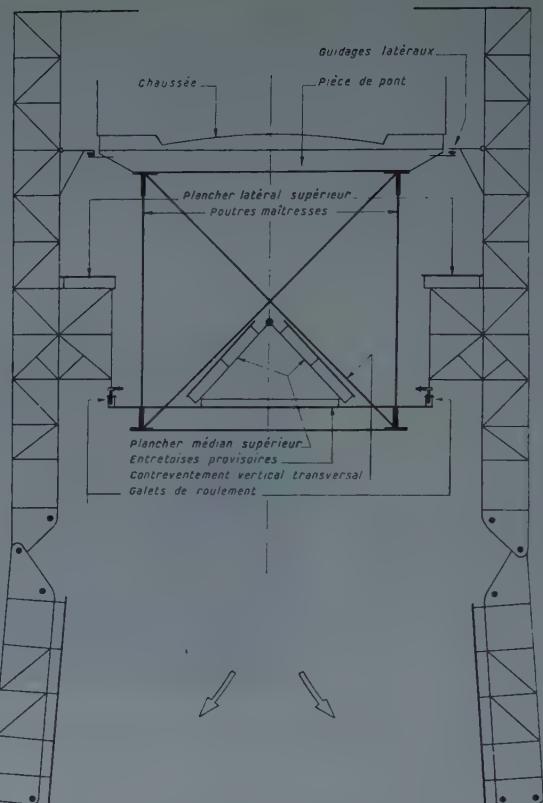


FIG. 12. — Schéma de la passerelle roulante (position ouverte au passage d'une pile).



FIG. 13. — Vue de la passerelle au passage d'une pile.

Remarquer :

- De part et d'autre de la pile, les entretoises provisoires supports de galets;
- Le plancher médian supérieur, en position de déplacement;
- Un élément, en position ouverte, du plancher inférieur;
- Au-dessus des cabines abritant les postes de soudage, le plancher latéral supérieur;
- Au sol, l'atelier de chantier.

alors été nécessaire d'interdire la circulation aux véhicules pendant l'opération à moins de placer lesdites entretoises à très grande hauteur (4,30 m) au-dessus de la chaussée. Le guidage par galets au niveau de la chaussée, qui vient d'être exposé, a permis d'éviter cette sujexion.

La manœuvre de franchissement d'une pile par la passerelle demandait huit heures.

Toutes les manœuvres de translation de la passerelle et d'ouverture et de fermeture de plancher inférieur ont été opérées avec des tirefonds de 1 500 kg.

Le poids permanent de la passerelle était de 17,400 t.

6^e Procédé de soudage sur fer puddlé.

Le soudage entre les éléments nouveaux en acier et les éléments anciens en fer puddlé a été réalisé suivant une technique spéciale de La Soudure Autogène Française, approuvée par l'Office Central de la Soudure.

On sait que le fer puddlé a, de par sa fabrication, une structure lamellaire.

Ainsi que le rappellent MM. LEBRUN et GÖLZER dans leur mémoire : « L'application de la soudure autogène au renforcement des ponts métalliques » présenté à la Société des Ingénieurs Civils de France, des expériences de laboratoire, poursuivies à l'occasion du renforcement du pont de Brest « avaient montré que l'alliage du fer puddlé au métal de soudure était relativement fragile dans sa période de refroidissement entre 400 et 600° C. Le fer puddlé avoisinant cet alliage passait, durant cette période, de l'état lamellaire à l'état modulaire et devenait également fragile. »

« Des arrachements de lamelles du fer puddlé pouvaient se produire.

En poursuivant l'étude de la question, on constata que l'arrachement des lamelles ne se produisait jamais quand la tension de retrait du cordon de soudure s'exerçait dans le sens des lamelles du fer. Il n'en était pas de même quand le retrait s'exerçait perpendiculairement à la direction des lamelles. La solution du problème fut apportée par un rechargeage préalable sur une longueur de 20 mm environ de la surface du fer au voisinage de la soudure. »

Autrement dit la technique adoptée au pont de Brest consiste, dans l'exécution, préalablement au cordon de soudure, d'une passe d'accrochage sur le fer puddlé.

Cette technique fait l'objet de la figure 14.

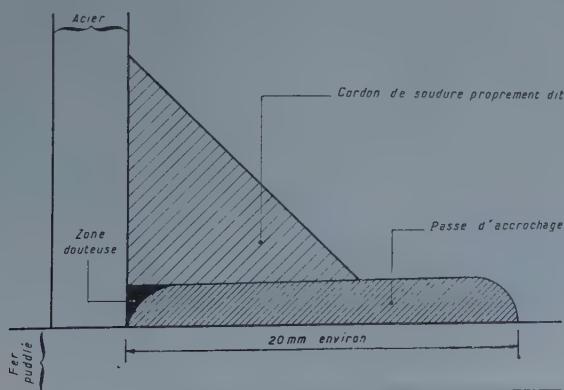


FIG. 14. — Schéma d'un cordon de soudure (pont de Brest).

Bien que ce procédé n'ait donné lieu à aucun mécompte, il fut décidé d'apporter une amélioration au pont de Douarnenez. On voit en effet qu'entre la pièce d'acier et la passe d'accrochage peut exister un résidu de laitier créant une zone de qualité douteuse dans le cordon.

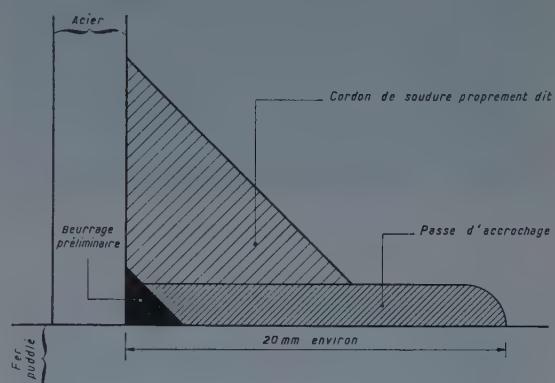


FIG. 15. — Schéma d'un cordon de soudure (pont de Douarnenez).

Pour parer à cet inconvénient, la technique adoptée à Douarnenez consiste (fig. 15) dans l'exécution d'un beurrage préliminaire dans l'angle des pièces à assembler, beurrage à la suite duquel était réalisée la passe d'accrochage. Le risque d'existence d'une zone douteuse fut ainsi supprimé.

7^e Opérations de renforcement.

Il nous semble qu'il serait fastidieux d'entrer dans le détail des opérations de renforcement des différentes pièces constituant le pont. Nous nous limiterons au strict essentiel susceptible de présenter des particularités intéressantes.

A. — Diagonales neuves des poutres maîtresses.

Comme nous l'avons indiqué, elles devaient constituer un nouveau système à treillis intercalé entre les diagonales existantes.

Les 240 diagonales de renforcement étaient en forme de T, constituées par des fers à I larges ailes fendues en deux. Ces fers furent coupés au Pyrotome et préparés au gabarit dans l'atelier spécial monté sur place.

Les T obtenus durent naturellement être redressés, puisque la coupe ménagée au milieu de l'âme libérait les efforts internes de laminage. Il est intéressant de remarquer que ceux-ci se révélèrent très variables, en intensité et même en signe. Les T obtenus après coupe étaient en effet rarement rectilignes, le plus souvent concaves ou bien convexes, avec des flèches atteignant jusqu'à 100 mm pour des longueurs de 8 m. Les redressages furent opérés au marteau et à froid.

Le montage des diagonales sur l'ouvrage se serait effectué sans difficultés s'il n'avait fallu les emmancher au travers de la triangulation des montants verticaux.

La solution primitivement envisagée consistait dans la pose de chaque diagonale en deux tronçons, soudés à cœur sur toute leur section, après mise en place.

Toutefois des essais poursuivis sur une maquette au 1/200 permirent de conclure, après vérification par épures, que les diagonales pouvaient être montées d'une seule

Opérations successives de mise en place d'une diagonale de renforcement.



FIG. 16. — Ouvrage existant.



FIG. 17. — On présente, suspendue par son centre de gravité, une diagonale de renforcement.



FIG. 18. — La diagonale est inclinée et sa semelle est amenée en contact avec le bord de semelle de la membrure inférieure de poutre maîtresse.



FIG. 19. — La diagonale est emmanchée à travers le treillis du montant; son obliquité la fait heurter en P une diagonale existante.



FIG. 20. — Une rotation de la diagonale autour de P amène sa semelle contre l'âme de la membrure inférieure de poutre maîtresse.



FIG. 21. — La diagonale de renforcement ne heurte plus en P la diagonale existante et est amenée dans sa position définitive.

pièce, sous réserve de manœuvres successives dans un ordre bien défini (fig. 16 à 21).

Ces diagonales d'une seule pièce portaient un piton dont l'axe passait par le centre de gravité (fig. 22). Posées sur le plancher supé-



FIG. 22. — Pose d'une diagonale de renforcement.

La diagonale de renforcement est suspendue par son centre de gravité à un tirefort accroché à un chariot. Celui-ci se déplace sur un monorail lui-même articulé à ses extrémités.

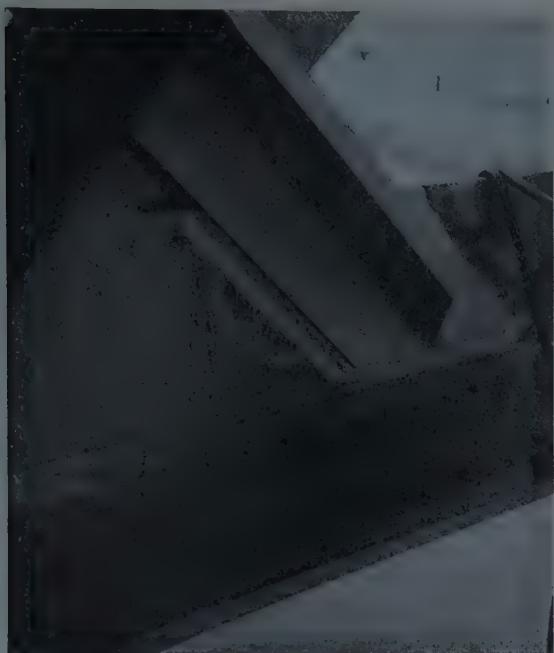


FIG. 23. — Assemblage de diagonale neuve et d'âme de poutre maîtresse.

rieur de la passerelle roulante, elles étaient reprises, tantôt à l'extérieur d'une poutre maîtresse, tantôt à l'intérieur, par deux monorails articulés en leurs points de suspension. Ce dispositif permit un déplacement aisément des barres pour toutes les positions



FIG. 24. — Assemblage de diagonale neuve et de contrejoint d'âme de poutre maîtresse.

successives à obtenir pour un montage correct.

Le passage de certaines diagonales au travers de la triangulation des montants verticaux nécessita le sectionnement de quelques barres de cette triangulation; chacune de ces barres fut par la suite remplacée par une plaque en tôle épaisse entaillée et soudée sur les membrures des montants.

L'assemblage des diagonales nouvelles sur âme de poutre maîtresse fut réalisé par soudure d'angle sur tout le pourtour des arêtes en contact (fig. 23).

Les barres aboutissant sur les couvre-joints d'âme avaient les ailes grugées et étaient soudées à cœur et d'angle sur le champ de l'âme et du couvre-joint (fig. 24). Un plat à 45° soudé en bout de l'âme en diagonale prévenait son déversement.

La rivure du couvre-joint d'âme ne fut pas surchargée grâce à un cordon de soudure préalablement posé sur tout le périmètre entre le couvre-joint et l'âme de la poutre maîtresse.

B. — Membrures des poutres maîtresses.

Le renforcement de ces membrures s'opéra de façon différente suivant qu'il s'agissait des membrures inférieures ou des membrures supérieures.

En ce qui concerne les premières, les renforcements furent réalisés par pose, entre files de rivets, sous les semelles de barres jumelées à section rectangulaire variant de 60 × 80 à 160 × 80 (fig. 26 et 27).



FIG. 25. — Vue du renforcement des membrures inférieures des poutres maîtresses.

On remarque également une entretoise provisoire support de galet de roulement de la passerelle.

Pour suivre les déformations constatées de la membrure existante, chaque barre dut être formée suivant gabarit avant pose.

En ce qui concerne les membrures supérieures, le même dispositif n'était pas applicable en raison de la présence des pièces de pont supportant les voûtains.

Le renforcement fut alors (fig. 27) effectué par-dessous grâce à des plats de 170×30 à 170×45 , renforcés, suivant les zones, de barres de section rectangulaire 60×60 à 100×80 , soudées sur les plats après pose de ceux-ci.

Les plats furent posés suivant des plans inclinés à 36° sur l'horizontale de façon à éviter les abouts des âmes de diagonales.

FIG. 26. — Schéma de renforcement des membrures inférieures des poutres maîtresses.

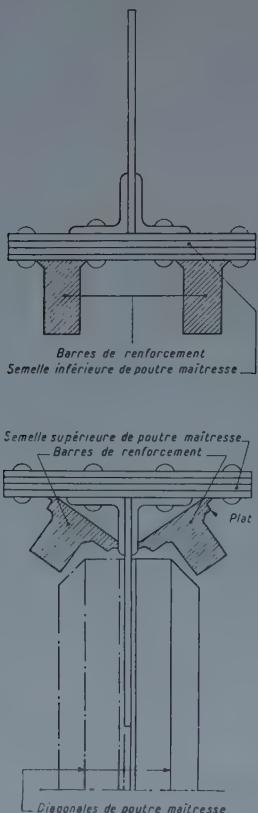


FIG. 27. — Schéma du renforcement des membrures supérieures des poutres maîtresses.

Il fut un moment envisagé de remplir les vides par un mastic bitumineux injecté sous pression. On y renonça en définitive, le retrait du mastic en séchant risquant de reproduire partiellement des zones de vide.

C. — Pièces de pont.

Les 119 pièces de pont portant les voûtains du tablier furent renforcées par adjonction sous membrure infé-

rieure d'une pièce en forme de T de 4 m de longueur, constituée par une âme de 320×10 et une semelle de 180×20 relevée aux abouts (fig. 28). Des évidements furent ménagés sur la partie haute de l'âme pour laisser le passage des contreventements horizontaux existants (fig. 29).

Ces 119 pièces furent préfabriquées en usine.



FIG. 28. — Vue d'une pièce de renforcement de pièce de pont, en cours de montage.



FIG. 29. — Vue d'une pièce de renforcement pour pièce de pont, après mise en place.

Au montage, il était nécessaire de présenter chacune d'elles sous le tablier de manière à permettre un réglage parfait avant soudage. Comme la présence des voûtains ne permettait aucun accrochage des moyens de levage, le problème du montage fut résolu par la fabrication d'un gerbeur spécial mobile posé sur le plancher supérieur de la passerelle roulante.

D. — Contreventements obliques à la torsion.

Considérons une tranche de pont comprise entre deux contreventements transversaux verticaux. C'est un parallélépipède rectangle de $5,50 \text{ m} \times 5,60 \text{ m} \times 5,80 \text{ m}$. Dans chaque parallélépipède ainsi obtenu, les contreventements obliques à la torsion joignaient les huit sommets au centre du parallélépipède.



FIG. 30. — Vue d'un nœud de contreventement à la torsion.

Les figures 30 et 31 montrent la complexité de leur assemblage.



FIG. 31. — Vue d'une travée après renforcement.

On notera que l'esthétique du pont n'a pas souffert de son renforcement.

8^o Dispositions diverses.

A. — Installation électrique.

Le courant haute tension 15 000 V 400 kW fut amené sur la rive côté Tréboul à deux transformateurs sous cabine, de 25 kW chacun. Les six câbles conducteurs montaient des transformateurs au plan inférieur de l'ouvrage, puis couraient sur toute la longueur de celui-ci. Des prises de courant distantes de 20 m étaient réparties sur toute la longueur du pont.

B. — Installation au sol de préparation des éléments de renforcement.

Sur l'emplacement mis à la disposition de l'entreprise par l'Administration, il fut installé :

- Un portique roulant de 3 t pour chargement et déchargement sur camions;
- Un parc à fers où étaient rangées les barres et les tôles arrivant des forges;
- Une table à rouleaux d'aménée des fers à l'atelier;
- Un atelier avec monorail pour machines, dont un « Pyrotome » de refente en deux 'T des I larges ailes;
- Un chariot d'évacuation des fers refendus;
- Une table de finition des barres, comprenant le redressement et la mise au gabarit suivant exigences de formes relevées sur l'ouvrage existant.

9^o Contrôles de réception.

Pour les aciers, la réception en usine était confiée par l'Administration aux services de contrôle de l'Office Central de la Soudure.

L'examen de la plupart des pièces examinées a provoqué des conclusions favorables. Celles qui présentaient des caractéristiques insuffisantes furent remplacées.

Il y a lieu de souligner que malgré la diversité des échantillons et le tonnage peu élevé de chacun, les Forges ont accepté de bonne grâce les contrôles différents exigés.

Il n'a été employé pour les travaux que des soudeurs agréés après examen par l'Office Central de la Soudure. Les électrodes (classe C 40 de 3,2 mm et 4 mm de diamètre) étaient réceptionnées par ce même Office, qui assura par ailleurs sur place des contrôles périodiques de l'exécution des soudures.

L'expérience du renforcement du pont de Brest avait conduit à abandonner toute idée de vérification des soudures aux rayons X, l'interprétation des radios étant délicate et incertaine en raison des inclusions contenues dans le fer.

10^o Métré des travaux.

Le marché comportait règlement suivant métré des travaux exécutés. Il ne pouvait en être autrement pour un tel genre de travail.

Il fut imprimé des cahiers spéciaux de relevés journaliers pour les aciers mis en œuvre, pour les coupes au chalumeau et pour les soudures.

a) Pour les aciers, les pièces étaient pesées dès qu'elles étaient définitivement préparées et portées au cahier avec leur repère.

b) Pour les coupes, on relevait leurs dimensions.

c) Pour les soudures, les relevés n'étaient pas aussi simples :

Chaque soudeur portait un numéro.

Les feuilles journalières portaient en colonnes, pour chaque soudeur :

— Son numéro;

— Le côté de cordon d'angle exécuté ou le numéro des cordons spéciaux;

— Les métaux soudés, acier et fer : AF ou AA ou FF;

— La position de soudage : P : à plat — V : dans un plan vertical — F : au plafond;

— La longueur exécutée en mètres;

— Les repères des pièces assemblées.

Chaque relevé établi en quatre exemplaires, était signé par le surveillant de l'Administration, le chef de chantier et le chef soudeur.

Chaque soudure métrée était bordée d'un trait de peinture portant le numéro du soudeur pour contrôle.

Les relevés ainsi établis ont permis de dresser les longueurs totales mensuelles des 128 types de soudure différents.

Les volumes de soudures calculés d'après ces longueurs et les sections correspondantes aboutissaient à des volumes d'ensemble auxquels s'appliquait sans la moindre imprécision le bordereau des prix.

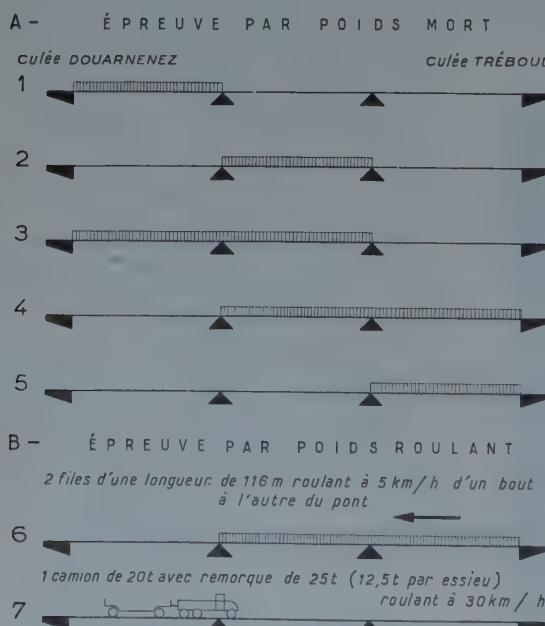


FIG. 32. — Route nationale 165-A. Pont métallique de Douarnenez. Convois d'épreuves du pont renforcé.

11^e Importance des travaux.

Le tonnage net du renforcement mis en œuvre s'est élevé à 228,2 t au total.

Il se décomposait ainsi :

Renforcement des poutres maîtresses : montants	16,1 t
— — — diagonales	99,6 t
— — — membrures	61,5 t
— — — des contreventements horizontaux	1,4 t
— — — par contreventements spéciaux	24,1 t
— — — des entretoises du tablier	25 t
Pièces de réparations	0,5 t
TOTAL.....	228,2 t

Le volume total de soudure facturable s'est élevé à 532 584 cm³.

Il se décomposait ainsi :

Acier sur fer : à plat	5 072 cm ³
— — — dans un plan vertical	174 982 cm ³
— — — au plafond	193 170 cm ³
TOTAL.....	373 224 cm³
Acier sur acier : à plat	1 198 cm ³
— — — dans un plan vertical	100 527 cm ³
— — — au plafond	35 265 cm ³
TOTAL.....	136 990 cm³
Fer sur fer : à plat	857 cm ³
— — — dans un plan vertical	7 934 cm ³
— — — au plafond	13 579 cm ³
TOTAL.....	22 370 cm³

Ces volumes ne comprennent ni les soudures d'atelier pour pièces préfabriquées, ni les suppléments de soudure déposée pour la réalisation des passes d'accrochage sur fer puddlé.

VI. — Épreuves.

Les essais de l'ouvrage ont été effectués le 4 juillet 1952.

1^e Dispositions générales.

Pour des raisons d'ordre pratique, l'interruption de la circulation sur l'ouvrage devant être aussi réduite que possible les épreuves furent conduites avec une surcharge de 400 kg/m² (soit au total 235 t pour deux travées) constituée par des camions.

La figure 32 indique les différentes phases des épreuves.

Les véhicules se présentèrent côté Douarnenez pour les épreuves 1 à 5. Ils tournèrent ensuite dans la cour de la gare et se présentèrent côté Tréboul pour l'épreuve par poids roulant.

2^e Mesures.

Les mesures, qui furent confiées au *Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics*, se limitèrent à des mesures de flèches et de contraintes dans certains éléments de l'ouvrage.

En ce qui concerne les mesures de flèche, un fleximètre enregistreur, type Richard, fut placé au milieu de chaque travée.

Quant aux mesures de contraintes, elles furent limitées à une zone condensée au voisinage de la première pile côté Douarnenez. Dix mesures par épreuve furent prises sur la poutre maîtresse amont conformément à la figure 33 (trois sur la membrure supérieure, trois sur la membrure inférieure, deux sur une diagonale neuve comprimée, deux sur une diagonale neuve tendue).

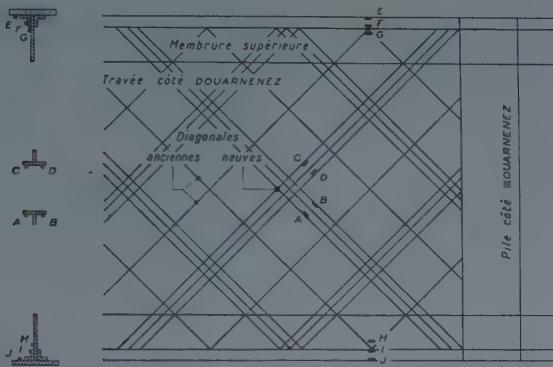


FIG. 33. — Schéma de pose des extensomètres à fil résistant.
Poutres maîtresses amont. Vue de l'intérieur.
Épreuves de l'ouvrage, 4 juillet 1952.

Les mesures étaient prises avec les extensomètres à fil résistant de 120Ω , fabrication Philips.

3^e Résultats.

En ce qui concerne les flèches, les maxima observés furent respectivement :

De 4,8 mm pour la travée Douarnenez (épreuve n° 1, fig. 32);
De 3,2 mm pour la travée centrale (épreuve n° 2, fig. 32);
De 3,1 mm pour la travée Tréboul (épreuve n° 5, fig. 32).

Les chiffres relevés étaient environ quatre fois plus faibles que ceux qui résultaient des calculs. Le pont se comporte donc de façon très rigide.

En ce qui concerne les contraintes, le calcul conduit à partir d'un module d'élasticité de l'acier égal à $20\,000 \text{ kg/mm}^2$, conduisait à fixer les efforts maxima sous charge permanente et surcharges d'essais à :

1,71 kg/mm² pour les diagonales tendues;
1,79 kg/mm² pour les diagonales comprimées;
1,16 kg/mm² pour les membrures.

En fait, il ne fut pas observé de contrainte supérieure à :

0,60 kg/mm² pour les diagonales;
0,96 kg/mm² pour les membrures.

Les résultats se sont donc révélés très satisfaisants.

VII. — Conclusion.

Le montant total des dépenses de renforcement s'est élevé à une soixantaine de millions de francs.

Ce chiffre n'a qu'une valeur indicative du fait des variations des conditions économiques au cours du chantier; on peut estimer à quelques 69 000 000 F le coût du renforcement dans les conditions économiques actuelles.

Ce renforcement a majoré d'environ 28,5 % le poids propre de l'ouvrage.

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'étude du projet a été faite, en accord avec nous-mêmes, par la Société d'Études pour la Construction et la Réparation des Ouvrages Métalliques, dirigée par M. GÖLZER, avec la collaboration de M. LACROIX.

Le renforcement a été entièrement exécuté par La Soudure Autogène Française, sous la direction de M. LEBRUN, Directeur Général des Services Travaux de la S. A. F., et en collaboration entre l'Agence de l'Ouest de la S. A. F., dirigée par M. COCHE et les Services Travaux. Chantiers dirigés par M. MOREAU.

Les travaux ont été exécutés sous la haute direction de M. l'Ingénieur en Chef LE PORT et de M. l'Ingénieur en Chef adjoint POULINQUEN; la surveillance du chantier a été assurée de façon particulièrement efficace par M. MAHÉ, Ingénieur des Travaux Publics de l'État à Douarnenez, assisté, en ce qui concerne le contrôle local des soudures, des ingénieurs de l'Office Central de la Soudure.

(Photos A: Le Garrec, à Douarnenez.)

DISCUSSION

LE PRÉSIDENT. — L'exposé de M. BASTARD se rapporte à un travail de soudure tout à fait remarquable. Au cours des essais qui ont été effectués, a-t-on constaté des anomalies quelconques dans la qualité des cordons de soudure ?

M. BASTARD. — Non, en aucun endroit nous n'avons constaté quoi que ce soit. C'est extrêmement encourageant. Il faut dire évidemment qu'au cours des essais nous n'avons pas fait subir à l'ouvrage les surcharges de la Circulaire.

M. GERBEAUX. — Je voudrais demander à M. BASTARD si une séquence particulière de soudage a été adoptée dans chacun des tronçons qui étaient mis en chantier. D'autre part, lorsqu'on construit des ensembles en utilisant des profilés importants, on ne s'inquiète pas beaucoup de la répartition des contraintes pré-existantes de laminage, qui sont souvent très élevées. Pour les constructions soudées, on ne tient pas non plus grand compte, dans la note de calcul, des retraits et des contraintes de soudage qui peuvent résulter de la construction et, au total, les contraintes de service résultent de la superposition de ces contraintes propres aux contraintes imposées par les surcharges. Dans l'ouvrage, on a tenu compte des contraintes résultant des charges; puis on a ajouté à ces contraintes celles qui résultent de l'addition des surcharges, mais on n'a pas tenu compte des contraintes dues au soudage. N'aurait-on pas pu considérer le nouvel ouvrage constitué avec ses renforcements et ajouter purement et simplement contraintes normales et surcharges ?

M. BASTARD. — En ce qui concerne la première question posée, celle de la succession des opérations de soudage, on a, comme je vous l'ai dit tout à l'heure au cours d'une première phase (phase aller), commencé par renforcer les montants sur pile et les diagonales voisines des piles. Dans la phase retour, toutes les opérations se sont faites pratiquement simultanément; la passerelle n'était d'ailleurs pas très longue (12 m).

En ce qui concerne la deuxième question posée, vous vous demandez si les deux hypothèses dont j'ai indiqué qu'elles avaient été adoptées, à savoir d'une part que seul le métal ancien travaillait sous l'action des anciennes charges permanentes et que, d'autre part, le métal ancien et le métal nouveau se partageaient au prorata de leur section les surcharges nouvelles et les poids additionnels de renforcement, vous demandez, disais-je, si les deux hypothèses correspondent bien à la réalité, compte tenu des éléments d'incertitude ajoutés par les contraintes de laminage et les contraintes de soudage. Je vous ai indiqué que c'était des hypothèses qui résultent des vérifications faites lors de renforcement d'ouvrages antérieurs; je crois que M. GOELZER, Directeur de la S. E. C. R. O. M., avait procédé à des essais sur modèle réduit avant d'adopter ces hypothèses pour les ponts de Brest et d'Oissel. Ces hypothèses paraissent à priori normales. Considérons le pont primitif et supposons qu'on ne renforce qu'une seule pièce. L'ancienne pièce avait déjà pris un certain état de contraintes et, par conséquent, certaines déformations sous l'action du poids permanent initial. Il semble normal de penser que le fait d'ajouter du métal sans changer ces déformations n'amène dans le métal qu'on ajoute aucune fatigue. On peut évidemment indiquer que par la suite, du fait du jeu alterné des surcharges au cours de la vie de l'ouvrage, certaines déformations deviennent partagées et que le métal nouveau prend, du fait de ces déformations, lui aussi, une partie de l'ancienne charge permanente.

De toute façon, il faut faire une hypothèse. Il est difficile évidemment de savoir exactement ce qui se passe : la structure même du fer puddlé nous a amenés à faire des hypothèses pour les contraintes admissibles dont on peut également contester qu'elles soient logiques. Dans tout cela il y a des questions d'appréciation presque personnelle.

LE PRÉSIDENT. — Étant donné que vous travaillez sur du fer puddlé pour votre ancienne structure et sur du nouveau métal,

sur de l'acier pour votre nouvelle structure, le problème pouvait se poser de considérer, pour les matériaux, des coefficients différents.

M. BASTARD. — L'hypothèse de départ que nous avons adoptée nous a paru être la plus proche de la réalité.

M. GOELZER. — Je dois rappeler qu'au moment du renforcement du pont d'Austerlitz, les hypothèses en question n'ont pas été mises en défaut. D'autre part, j'ai fait des essais consistant à souder un renfort sur une barre pendant qu'elle était en traction et on a constaté que rien ne se passait dans le fer qui était raboté.

M. CAMBOURNAC. — Je voudrais féliciter les ingénieurs qui ont fait ce travail et les féliciter de la hardiesse dont ils ont fait preuve étant donné la situation du pont de Douarnenez. Je comprends également que les conditions du renforcement du pont d'Austerlitz aient été dictées par les nécessités de la circulation et vous savez que j'aime assez la soudure pour dire cela. Mais, dans le cas du pont de Douarnenez, compte tenu des déformations préalables, qui affectent comme vous l'avez dit des éléments relativement légers avec des flèches importantes, y avait-il vraiment une nécessité impérieuse de procéder ainsi au renforcement ? Autrement dit, la solution qui aurait consisté à remplacer ce tablier par un autre tablier n'aurait-elle pas été la plus indiquée, car au total vous laissez tout de même à ceux qui viendront après vous un ouvrage dans lequel il y a des déformations, dans lequel vous ne savez pas exactement où se passent les efforts et, comme vous le disiez vous-même tout à l'heure, que vous n'avez pas même expérimenté à sa charge réglementaire. Encore une fois je vous félicite de votre hardiesse; je ne sais pas si, à votre place, j'aurais eu le courage d'en faire autant.

M. LE PORT. — Lorsque la question a été posée du renforcement de cet ouvrage, elle a été débattue et réglée avec M. RUMPLER, Directeur des Ponts. Il y avait d'abord le problème des crédits. C'est un élément qui n'est pas négligeable. Le renforcement nous a coûté une soixantaine de millions. Nous avons bien pensé au renforcement par un tablier, mais nous n'avions pas à ce moment-là les sommes suffisantes pour reconstruire le pont. D'un autre côté, il y a un autre problème qui nous amenait à choisir le renforcement, c'est le suivant : vous avez vu sur le plan que le pont fait communiquer le port et la ville de Douarnenez avec Tréboul, qui est maintenant annexée à Douarnenez et qui contient la gare de Douarnenez. Or le trafic du poisson du port de Douarnenez est extrêmement important, puisqu'avec ses 18 000 t il vient au quatrième rang après Boulogne, qui fait 80 000 t (c'est le plus grand port de France), Lorient qui fait 35 000 t et Concarneau qui fait 23 000 t de poisson par an. La plus grande partie de ce très gros trafic se fait par voie de fer et tout trouble d'exploitation routière entre le port et la gare est un très grand handicap; il eut fallu faire de grands détours par des chemins sur lesquels les camions ne pouvaient pas se croiser. Le procédé de renforcement par soudage, tel qu'il a été adopté, nous permettait de ne gêner aucunement la circulation car, pendant toute la durée du travail, à aucun moment (sauf pendant la durée des épreuves, c'est-à-dire environ quatre heures), nous n'avons interrompu la circulation. Si nous avions procédé au remplacement du tablier, nous aurions apporté une gêne supplémentaire. J'ajouterais que nous ne nous sommes pas désintéressés de la question esthétique; il ne fallait pas alourdir sensiblement l'aspect de l'ouvrage : nous avons fait des truquages photographiques pour voir ce que cela donnerait et avons recueilli l'accord des autorités locales chargées des sites. En définitive, pour une soixantaine de millions, nous avons prolongé la vie de l'ouvrage pour un long délai, avec les avantages que je viens de souligner.

EXEMPLES DE CHARPENTES D'IMMEUBLES SOUDÉES

EXPOSÉ DE M. PANTZ

Aussitôt après la Libération, par suite des difficultés d'approvisionnement en acier et particulièrement en poutrelles de toutes sortes, la plupart des immeubles construits ont eu une ossature en béton armé.

Mais au cours de l'année 1952 le marché des produits sidérurgiques a subi un revirement total si bien que les approvisionnements en poutrelles sont redevenus possibles avec des délais normaux et souvent même très courts.

Le problème des immeubles à ossature métallique peut donc à nouveau se poser.

Les constructeurs ont à choisir entre plusieurs systèmes d'assemblages pour leurs charpentes métalliques :

1^o Charpentes rivées en atelier et boulonnées ou rivées sur chantier;

2^o Charpentes soudées en atelier et boulonnées ou rivées sur chantier;

3^o Charpentes soudées à la fois en atelier et sur le chantier.

C'est ce dernier type qui retiendra notre attention ce soir.

Signalons tout d'abord que ce mode de construction n'est encore que rarement employé. Par exemple, lors de notre voyage aux États-Unis en 1951, nous n'avons vu que des immeubles à ossature métallique rivée; toutefois la charpente d'immeuble soudée se développe plus spécialement dans les États du sud à cause de l'économie de métal qu'elle permet de réaliser et qui, ainsi, compense le prix élevé des aciers dans ces régions du fait des frais de transport considérables dus à l'éloignement des aciéries.

En France à notre connaissance, il n'existe à l'heure actuelle que cinq exemples d'immeubles d'habitation à ossature métallique soudée; j'entends insister sur le fait que nous ne nous occupons aujourd'hui que des charpentes d'immeubles; en effet, s'il n'y a que cinq exemples de telles charpentes, par contre, il y a de nombreux exemples de charpentes industrielles entièrement soudées; une causerie ultérieure organisée par la Société des Ingénieurs Soudeurs vous donnera tous renseignements à ce sujet.

La construction métallique soudée s'est surtout développée depuis la dernière guerre du fait des récents progrès techniques qui ont été réalisés et qui ne doivent pas être ignorés des constructeurs qui font des charpentes soudées.

Il faut, en effet, pratiquer le soudage en suivant scrupuleusement les règles découlant des derniers essais faits dans les laboratoires afin d'éviter les tensions internes qui pourraient se développer par la suite dans la construction du fait de la rigidité des assemblages soudés.

Essayons de dégager les raisons qui ont fait choisir, dans les exemples qui vont suivre, la solution avec charpentes entièrement soudées.

Dans tout problème de construction trois questions sont primordiales :

1^o Le prix de revient;

2^o La rapidité d'exécution;

3^o L'utilisation optimum du terrain.

1^o Prix de revient.

Pour obtenir un bas prix de revient, il faut utiliser des aciers courants, c'est-à-dire, en France, des aciers Thomas obtenus en partant des minerais de l'est, mais ces aciers doivent, néanmoins, être de qualité pour permettre le soudage.

Les constructions que nous vous présenterons ont été exécutées avec des aciers ordinaires dits AC/42 qui ont donné toute satisfaction pour les soudures. On doit, toutefois signaler que bientôt, grâce à l'insufflation d'air suroxygéné pendant le soufflage de l'acier en fusion dans le convertisseur, on obtiendra des aciers Thomas donnant, même après vieillissement à la température ordinaire ou même à basse température, une résistance de même ordre que celle des aciers Martin; les possibilités de soudage se trouveront donc facilitées et améliorées.

Pour les aciers employés dans les constructions d'immeubles, les taux de fatigue admis dans les calculs ont été les suivants :

Pour les poutrelles en flexion 16 kg/mm²
Pour les poutrelles en traction ou compression... 14,4 kg/mm²

Les calculs de flambage étant effectués par la méthode Dutheil.

Pour les soudures, même taux de travail, sauf pour le cisaillement où un coefficient de réduction de 0,65 a été appliqué.

Les assemblages soudés ont permis de calculer les charpentes, comme portiques avec encastrements réalisés par le soudage dans les angles; on a pu ainsi obtenir un gain de poids de l'ordre de 22 % : 12 % grâce aux encastrements et 10 % grâce à la suppression des trous de rivets, en tout cas on peut compter sur une économie de métal d'au moins 15 %.

C'est ainsi que pour une construction entièrement soudée érigée en 1927 aux États-Unis pour la Compagnie Westinghouse, on a utilisé 700 t d'acier alors que la même construction rivée, aurait nécessité 800 t. On réalisait donc déjà, à cette époque, un gain de 12,5 % bien que les méthodes de calculs et les techniques de soudage aient été alors moins poussées qu'actuellement.

Grâce à la méthode de Cross, on peut calculer facilement et avec toute l'exactitude voulue les efforts supportés par les différentes sections des portiques et prévoir ainsi d'une façon précise le métal nécessaire.

Rappelons au sujet de ces calculs que tous les essais sur charpentes soudées ont montré que les soudures se rompent toujours au cisaillement et non pas sous les efforts de tension ou de compression.

En contre partie de l'économie de métal réalisée grâce aux assemblages soudés, il est juste de signaler que le soudage sur chantier coûte cher.

En effet, les soudeurs touchent généralement de forts salaires et, contraints de s'installer très inconfortablement pour un certain nombre de soudures, n'atteignent pas sur chantier, des rendements élevés.

Malgré ces difficultés, nous signalerons que le prix des charpentes montées l'été dernier, rue Octave-Feuillet a été de 97 F, le kilogramme; on se rend compte ainsi de l'intérêt du soudage puisque ce prix sensiblement égal à celui des charpentes rivées ou boulonnées s'applique à un poids de charpente inférieur de 15 %, d'où, en définitive, une économie de 15 %.

Pour pallier les difficultés de soudage sur plateformes mobiles, suspendues parfois dans le vide, on cherchera à exécuter la plus grande partie des soudures à terre; par exemple en soudant les portiques au sol et en les mettant en place en une seule opération (fig. 1 et 2).

Pour la très grande majorité des cas, même si le terrain est exigu, on doit pouvoir souder les portiques par tronçons de quatre ou cinq étages, ce qui ne représente qu'un encombrement de 12 à 15 m de longueur.

En définitive on peut être certain qu'on réalise une

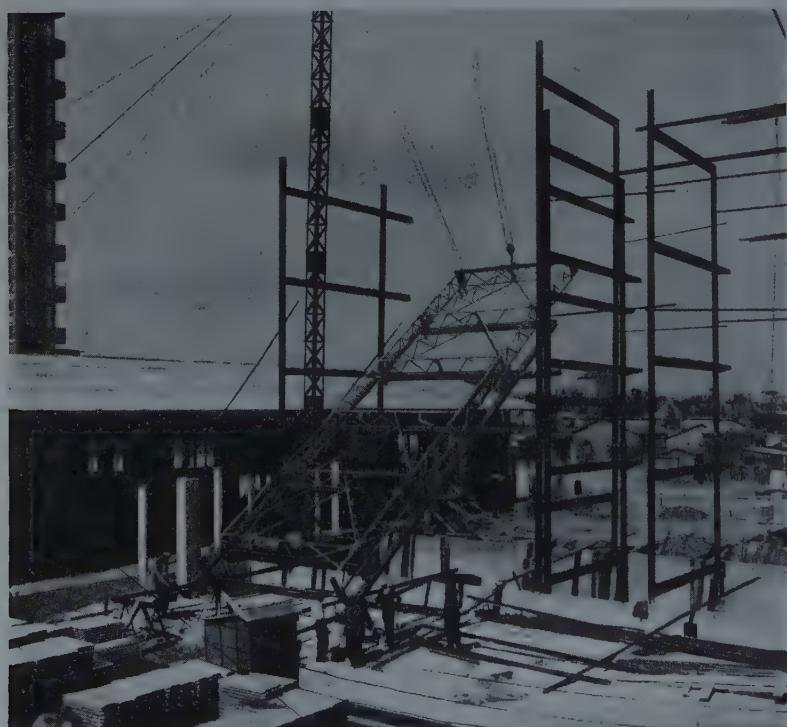


FIG. 1.



(Photo René Guignier.)

FIG. 2.

économie de l'ordre de 10 % sur le prix des charpentes ordinaires, rivées ou boulonnées.

2^e Rapidité d'exécution.

Pendant la construction des fondations et des sous-sols des immeubles qui sont, de toutes façons, exécutés en béton, on prépare les charpentes en atelier, si bien qu'elles arrivent en temps voulu sur le chantier. Signalons à ce sujet que l'usinage des charpentes métalliques peut être fait par une main-d'œuvre que l'on trouve abondamment alors qu'on manque de main-d'œuvre qualifiée pour les chantiers.

Le levage des 155 t de la charpente de l'immeuble de la rue Octave-Feuillet, comportant neuf étages, a été exécuté en deux mois, du 24 juin au 24 août soit exactement neuf semaines. Pour ce montage les levageurs ont utilisé une grue tour prenant les pièces soit au sol, soit même directement sur le camion (fig. 3). Les soudeurs ont suivi les levageurs et ont terminé leur travail deux semaines après la fin du levage (fig. 4).

Les maçons bétonnaient les dalles des planchers avec un décalage de trois à quatre étages sur les monteuses en charpente (fig. 5).

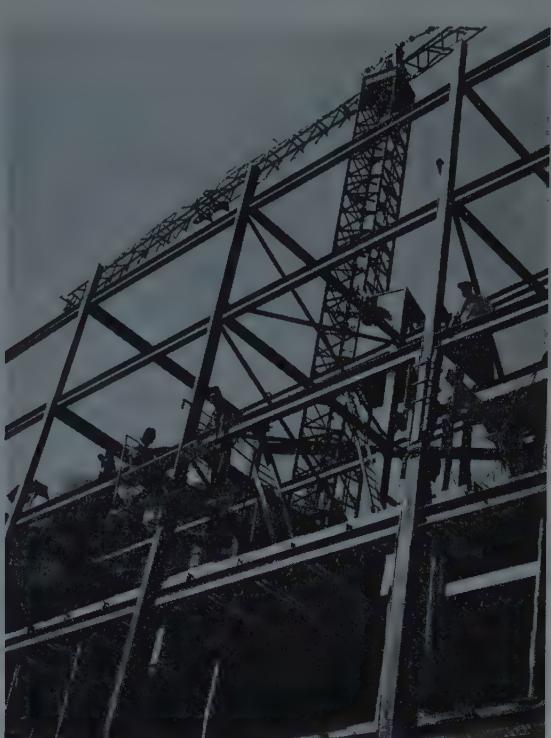
Les façades ont été montées ensuite avec des panneaux préfabriqués en pierre reconstituée venant s'assembler sur les poteaux et poutres de façade (fig. 6 et 7).

Nous avouons que nous sommes largement dépassés par les Américains qui ont monté en cinq jours à Cleveland les 117 t de la charpente entièrement soudée d'un bâtiment, le soudage ayant été effectué ensuite en dix jours par deux soudeurs.



(Photo René Guignier.)

FIG. 3.



(Photo Jacques Dumontier.)

FIG. 5.

A l'actif des Américains rappelons que la charpente métallique des quarante-huit étages du bâtiment du Secrétariat de l'O. N. U. à New-York a été montée en huit mois, mais par contre rappelons à notre actif que les 350 t du bâtiment du Conseil de l'Europe à Strasbourg ont été montées entre le 3 avril et le 16 mai en dépit d'une grève de près de quinze jours et que les 2 500 t de la charpente métallique du bâtiment de l'O. N. U. au Trocadéro ont été montées en moins de un mois et demi.



(Photo Jacques Dumontier.)

FIG. 4.



(Photo Jacques Dumontier.)

FIG. 6.

3^e Utilisation optimum du terrain.

Nous croyons que la charpente métallique est intéressante pour des immeubles comprenant au moins sept ou huit étages à cause du gain réalisé du fait du moindre poids mort, ce qui permet de diminuer les fondations, circonstances particulièrement appréciables sur un mauvais sol.

L'encombrement des poteaux métalliques est bien moindre que celui des poteaux en béton armé surtout si l'immeuble comporte un grand nombre d'étages.

C'est là d'ailleurs, la raison pour laquelle les gratte-ciel américains de cinquante étages ou même plus sont en charpente métallique.

Pour un bâtiment de sept étages avec planchers à 1 000 kg de surcharge en Hollande, l'architecte a fait calculer les encombrements des poteaux et les poids morts dans le cas d'une ossature en béton armé et dans le cas d'ossature en charpente métallique; les résultats ont été les suivants :



(Photo Jacques Dumontier.)
FIG. 7.

Enfin, avant de passer au troisième point, observons que le soudage sur chantier présente en outre, l'avantage de ne pas être bruyant comme le rivetage, ce qui, dans certains cas, peut faciliter les rapports de bon voisinage.



FIG. 9.



FIG. 8.

— Encombrement des poteaux :

au rez de chaussée 3,15 % de la surface dans le cas du béton armé;
au rez-de-chaussée 0,78 % de la surface dans le cas de la charpente métallique;
au septième étage 0,56 % de la surface dans le cas du béton armé;
au septième étage 0,56 % également dans le cas de la charpente métallique.

— Poids mort du bâtiment par mètre carré :

dans le cas du béton armé 5,38 t
dans le cas de la charpente métallique. 2,8 t

Enfin, avec la charpente métallique, surtout si elle est soudée, on peut franchir de grandes portées avec de faibles hauteurs de poutres, ce qui permet de diminuer la hauteur totale des bâtiments et de réaliser ainsi une économie substantielle.



FIG. 10.

(Photo Henry.)



FIG. 11.

(Photo Henry.)

Pour terminer, nous allons vous décrire quelques exemples de construction d'immeubles à ossature métallique soudée :

a) En premier lieu les immeubles de Drancy situés entre les tours tristement célèbres et qui ont été construits en 1934 par la Société Saint-Quentinoise de Constructions Métalliques sous la direction de M. Lods, Architecte; c'est là une réalisation qui date de vingt ans et qu'on peut qualifier d'avant-garde.

Ces immeubles occupent une surface en plan de 84×35 m et comportent huit étages d'une hauteur totale de 22,31 m (fig. 8 et 9).

L'ossature est composée essentiellement de portiques de 5,65 m de largeur régnant sur toute la hauteur, constitués par des poteaux et des poutres en tôle pliée assemblés par soudage à l'arc et par points en atelier et par soudage à l'arc au chantier.

Les solives sont soudées sur les poutres.

Il n'y a pas de contreventements, les assemblages soudés assurant la rigidité de la construction qui ne comporte pratiquement pas de boulons.

b) Immeuble, rue de Vaugirard (fig. 10 et 11) construit en 1951 sous la direction de M. LECAISNE, Architecte et de M. WILENKO, Ingénieur Conseil.

Il s'agit d'un immeuble de huit étages avec ossature métallique entièrement soudée y compris les solives, le hourdis étant constitué par une dalle collaborante en béton armé (DUBOIS et LEPEU, Constructeurs métalliques).

c) Immeuble rue Octave-Feuillet (fig. 3 à 7) construit en 1952 sous la direction de M. IMBERT, Architecte et de M. WILENKO, Ingénieur Conseil.

Il s'agit d'un immeuble de neuf étages avec ossature métallique entièrement soudée, le hourdis étant constitué par des solives Christin avec hourdis en béton armé sur coffrage tôles (Ernest PANTZ, Constructeur métallique).

d) Immeuble rue de l'Université (fig. 12 à 14) construit en 1952-1953 sous la direction de M. LECAISNE, Architecte et de M. WILENKO, Ingénieur-Conseil.

Il s'agit d'un immeuble de neuf étages avec ossature en charpente métallique entièrement soudée y compris les solives, le hourdis étant constitué par une dalle collaborante en béton armé sur coffrage perdu en métal déployé (Ernest PANTZ, Constructeur métallique).

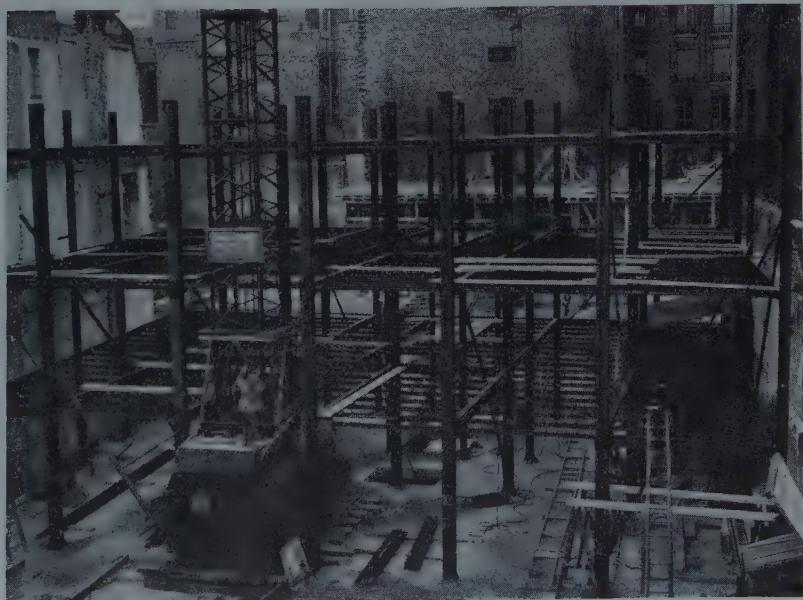


FIG. 12.

(Photo Jacques Dumontier.)



FIG. 13.

Pour ces trois derniers bâtiments la façade est constituée par des panneaux préfabriqués en pierre reconstituée.

e) Le cinquième immeuble est actuellement en construction, 95, boulevard Victor-Hugo à Boulogne, sous les ordres de M. BEUCHER, Architecte.

Nous n'en avons commencé le montage que la semaine dernière ce qui ne nous permet pas de vous en montrer des photographies.

Les exemples suivants ne concernent pas des immeubles d'habitation, mais sont néanmoins des constructions entièrement sou-



FIG. 15.

(Photo H. Baranger.)

FIG. 14.

(Photo Jacques Dumontier.)



FIG. 16.





(Cliché OTUA. Photo H. Lacherey.)

FIG. 17.

dées bien caractéristiques qui, je pense, vous intéresseront :

— La figure 15 représente un détail d'attache d'un plancher de magasin à la Sollac (DUBOIS et LEPEU, Constructeurs métalliques);

— Les figures 16 à 19 représentent les planchers et l'escalier du hall d'entrée de l'I. R. S. I. D. que nous avons exécutés sous la direction de M. COULON, Archi-



FIG. 18.

tecte, et de M. WILENKO, Ingénieur-Conseil; ils sont entièrement soudés.

Pour respecter l'ordonnancement architectural, M. COULON nous a imposé de réduire à 0,70 la hauteur des planchers en encorbellement recevant les réactions de l'escalier hélicoïdal, nous avons donc été dans l'obligation de prévoir des poutres Grey renforcées par semelles soudées.

Signalons également que cet escalier comporte un seul limon à section trapézoïdale entièrement soudé placé au 1/3 de la largeur des marches.

Je vous remercie de l'attention que vous avez bien voulu me prêter et me tiens à la disposition des auditeurs qui auraient des questions à me poser.



FIG. 19.

DISCUSSION

M. LE PORT. — Au point de vue de la défense contre la corrosion des aciers incorporés dans les blocs, quelles précautions prenez-vous ?

M. PANTZ. — Les poteaux sont enrobés dans le béton et en général on met même également de la terre cuite pour éviter les effets de l'incendie. Quant aux poutres et solives, vous avez vu qu'elles se trouvent emprisonnées entre le plafond et le hourdi en béton et on ne prend pas de précautions particulières. Il y a lieu de remarquer que, contrairement aux ponts métalliques, les charpentes métalliques d'immeubles ne sont pas exposées aux intempéries. D'ailleurs, la construction métallique n'est pas nouvelle, le procédé qui est nouveau c'est le soudage sur chantier. La nouveauté est d'avoir des assemblages soudés qui résistent aux moments dans les angles. C'est grâce à cela que nous arrivons ainsi à réaliser une première économie de poids; une deuxième économie de poids provient du fait qu'il n'y a pas de trou pour les assemblages.

Il faut signaler que les soudures faites sur échafaudage au chantier étant d'un prix de revient élevé, il faut chercher à en diminuer le nombre le plus possible.

M. DUCORNET. — Il me semble qu'aux États-Unis, dans certains cas tout au moins, on emploie le rivetage en atelier et le soudage sur chantier. Le rivetage en atelier s'expliquerait parce qu'on y dispose d'équipements extrêmement modernes pour ce travail. L'emploi du soudage sur chantier se justifierait parce que, au contraire, sur chantier, le soudage revient moins cher que le rivetage.

M. PANTZ. — Au cours de notre visite aux États-Unis, il y a un an et demi, nous n'avons vu aucune charpente soudée sur chantier, alors que de nombreux ateliers ont des installations de soudage. Je ne crois pas que le soudage sur chantier soit beaucoup développé aux États-Unis, sauf dans les États du Sud, au Texas par exemple, où, étant donné d'une part la grande distance des aciéries qui, en majorité, se trouvent en Pennsylvanie et, d'autre part, le coût élevé des transports, on cherche à avoir des constructions les plus légères possible.

Avez-vous vu aux États-Unis des charpentes rivées sur chantier ? En tout cas, si les Américains pratiquent le soudage sur chantier, ils en font aussi en atelier. Il est vrai qu'ils peuvent être amenés à faire du soudage sur chantier quand ils construisent à l'intérieur d'une ville où le règlement prescrit de ne pas faire de bruit. C'est ce qui a fait sourire certains auditeurs au cours de mon exposé, mais cette raison est pourtant valable.

M. DUCORNET. — J'ai vu des charpentes à Chicago, et les charpentes de la General Electric à Schenectady, qui ont été construites par rivetage en atelier et par soudage sur chantier.

M. PANTZ. — Oui, mais la General Electric voulait probablement donner un exemple car il s'agit là non pas d'un constructeur, mais d'un soudeur.

M. LEROY. — Je ne pense pas que ce soit en cela que réside l'explication de ce fait.

M. PANTZ. — Mais pourquoi alors rivet en atelier et souder sur chantier ?

M. LEROY. — Je crois devoir souligner que, effectivement, aux U. S. A., le prix de la main-d'œuvre compte pour beaucoup dans le prix de revient et si le soudage est préféré sur le chantier, c'est qu'on y a vu un avantage par rapport au rivetage, du côté du coût de la main-d'œuvre essentiellement. Mais, par ailleurs, si on utilise le soudage sur chantier, on l'utilise aussi en atelier.

M. DUCORNET. — Les entreprises qui rivent en atelier et soudent sur chantier sont celles qui ont aménagé des équipements de rivetage considérables et qui les conservent pour les amortir. Mais elles semblent venir au soudage en commençant par l'appliquer sur chantier.

M. PANTZ. — Alors elles font leurs essais sur les chantiers avant de les faire en atelier ! Moi, j'aurais fait le contraire parce que le travail sur chantier est plus difficile qu'en atelier, le soudage sur chantier est plus délicat que le soudage en atelier et il faut être absolument sûr de ses soudeurs et pouvoir les surveiller.

UN AUDITEUR. — On a dit qu'un rivet posé sur chantier revient trois fois plus cher qu'un rivet posé en atelier, à cause de l'absence d'outillage. C'est peut-être pour cela qu'aux États-Unis où, au surplus, l'outillage de rivetage est très au point, on rive en atelier et soude sur chantier.

M. PANTZ. — Oui, mais il n'en reste pas moins que le soudage sur chantier coûte cher. Les charpentes d'immeubles sont souvent rivées aux États-Unis, mais en France, je crois qu'elles sont en général boulonnées.

M. DUCORNET. — Je voudrais rectifier un petit peu ce que j'ai dit tout à l'heure car, s'il est exact, je le répète, que certaines entreprises rivent en atelier et soudent sur chantier, une tendance se dessine également aux États-Unis, de souder en atelier.

M. PANTZ. — Les Allemands eux, font beaucoup de soudage en atelier, mais ils rivent ou boulonnent sur chantier, ils n'ont pas encore développé d'une façon intense le soudage sur chantier.

M. GERBEAUX. — Lorsque l'on soude sur chantier, il est intéressant de choisir des dispositions où l'on a à souder à plat. On peut à ce moment-là utiliser de grosses électrodes et arriver à un travail économique. D'autre part, dans beaucoup de cas, nous avons eu l'occasion d'observer que les constructeurs réservent soigneusement leurs meilleurs soudeurs pour les travaux sur chantier et, au point de vue de la qualité des soudures, nous constatons très généralement que les soudures sur chantier sont souvent mieux faites que les soudures en atelier.

M. PANTZ. — Tant mieux. C'est, comme vous le disiez, parce qu'on prend les meilleurs soudeurs pour le chantier où l'on sait que le travail est plus difficile.

(Reproduction interdite.)

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1953

Sixième Année, N° 70.

Série : BÉTON. BÉTON ARMÉ (XXIV).

CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ

COMMISSION D'ÉTUDES TECHNIQUES

SÉANCE DU 29 MAI 1953

Sous la présidence de **M. A. BALENCY-BÉARN**,
Président de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé.

Les travaux de révision des règles B. A. 45.

Par **M. L.-P. BRICE**,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Les théories de calcul à la rupture.

Par **M. N. ESQUILLAN**,
Ingénieur des Arts et Métiers.

La détermination d'un acier « TOR-60 ».

Par **M. Y. SAILLARD**,
Ingénieur Civil de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ
INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

INTRODUCTION

La Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé est très heureuse et fière de compter dans sa commission d'études techniques des Conseils éminents comme MM. CAQUOT, FREYSSINET, LOSSIER, COYNE et d'être assistée en toute occasion avec beaucoup de dévouement et de fidélité par l'*Institut Technique* et par les *Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics*.

Les contacts qui en résultent entre des constructeurs vivant dans la réalité pressante de leurs chantiers et les techniciens de recherche disposant du recul et du recueillement nécessaires pour entreprendre des études patientes et se hausser aux idées générales, sont extrêmement fructueux.

Je remercie l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* d'avoir bien voulu accepter de publier le compte rendu de la séance de la commission technique du 29 mai 1953 qui présente des aperçus très intéressants sur les préoccupations des constructeurs et sur l'orientation des recherches qu'ils ont entreprises.

A. BALENCY-BÉARN.

Cette Commission réunissait, le 29 mai 1953, à la Chambre Syndicale, sous la présidence de M. A. BALENCY-BÉARN, Président de la Chambre Syndicale et de M. L.-P. BRICE, Vice-Président de la Commission d'Études Techniques :

A titre de Conseils : MM. CAQUOT, Membre de l'Institut ; FREYSSINET, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées ; COYNE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées ; BUISSON, GUÉRIN, L'HERMITE, J. MESNAGER, GUYON.

A titre de Membres : MM. CHALUMEAU, ESQUILLAN, FAURY, FOUGEA, KAHN, LEBELLE et PELNARD-CONSIDÈRE.

A titre de Secrétaire technique : M. Y. SAILLARD.

RÉSUMÉ

M. BRICE expose tout d'abord les travaux de révision des Règles B. A. 45. Ce projet donnera une latitude plus grande aux constructeurs désireux de perfectionner leur technique ; il ne comportera que des règles assez générales, complétées par des commentaires explicatifs. Par ailleurs, il semble nécessaire de tenir compte de l'influence défavorable des surcharges par rapport au poids propre, ainsi que de l'utilisation d'acières à limite élastique élevée et à adhérence améliorée. Enfin, des règles plus simples sont proposées pour le calcul des moments fléchissants et pour les questions d'effort tranchant, sans constituer d'ailleurs une solution définitive de ces problèmes.

Parallèlement à ces travaux de révision, la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé entreprend l'étude d'un règlement, d'après les théories de calcul à l'état de rupture. M. ESQUILLAN montre la nécessité scientifique et économique de ce projet, basé sur les recherches de M. CHAMBAUD et des techniciens étrangers. D'ailleurs, la Chambre Syndicale désirent réaliser une synthèse de ces diverses théories et préparer, en collaboration avec les organismes similaires des divers pays européens, des propositions de Règlement unique.

M. SAILLARD expose les travaux récents de la Chambre Syndicale, relatifs à la détermination d'un acier d'armature, qui pourraient avoir une limite élastique de 60 kg/mm² et des qualités d'adhérence satisfaisantes. D'une comparaison entre l'acier crénelé et l'acier écroui par torsion, il semble que ce dernier présente des avantages sensibles. Aussi des recherches théoriques et expérimentales ont-elles été entreprises, pour déterminer le profil optimum d'un acier Tor-60.

SUMMARY

First, Mr. BRICE presents the work on the revision of R. C. Rules 45. This project gives a greater freedom to builders wishing to improve their technique. It contains only fairly general rules with explanatory comments. It seems necessary to take into account the unfavorable influence of live loads in relation to the dead weight, as well as the use of high-strength steel with improved bond qualities. Finally, simpler rules are proposed for the calculation of bending moments and vertical shears, without claiming to present the definitive solution of these problems.

Parallel to this work of revision, the French R. C. Builders Association is undertaking the elaboration of a rule based on the theories of calculations at failure. Mr. ESQUILLAN shows the economic and scientific necessity of this project, based on the researches of Mr. CHAMBAUD and foreign technicians. The Builders Association desires to effect a synthesis of the different theories and to prepare, in collaboration with similar organizations of various European countries, proposals for a unified code.

In conclusion, Mr. SAILLARD presents the recent work of the Builders Association relative to the determination of a reinforcing steel having an elastic limit of 60 kg/sq.mm and satisfactory bond qualities. From a comparison between deformed bars and bars work-hardened by torsion, it appears as though the latter has marked advantages. Therefore theoretical and experimental research has been undertaken to determine the optimum profile of a Tor-60 steel.

LES TRAVAUX DE REVISION DES RÈGLES B. A. 45.

Par M. L.-P. BRICE,

Ingénieur des Arts et Manufactures. Vice-Président de la Commission d'Études Techniques.

Le Règlement du Ministère de la Reconstruction — dit B. A. 45 — qui précise les conditions d'étude et d'exécution des constructions en béton armé autres que celles relevant des travaux publics, a été établi à une époque, où il était nécessaire à la fois de rappeler à beaucoup de constructeurs les règles fondamentales du béton armé et de leur permettre d'établir leurs projets sur des bases sûres et bien définies. Il s'ensuit que ces règles sont souvent très détaillées, quelquefois un peu étroites ou trop exigeantes et laissent assez peu de liberté aux constructeurs soucieux de perfectionner leur technique. Dans le projet que nous étudions, nous avons souhaité rédiger un texte qui laisse un peu plus de latitude à ceux qui veulent réfléchir aux problèmes de la construction en béton armé et proposer des solutions hors de la ligne stricte du Règlement.

Notre projet est assez fortement imprégné de l'esprit du Règlement de 1930 de la Chambre Syndicale. En effet, tous nos confrères le connaissent bien et l'ont apprécié; en ce qui me concerne, je ne peux pas me rappeler sans beaucoup de plaisir les séances d'il y a près de trente ans, où sous les auspices de M. Augustin MESNAGER, de M. CAQUOT et de M. FREYSSINET, j'ai appris à connaître des régions encore bien mystérieuses de la construction en béton armé.

On retrouve donc, dans notre projet, beaucoup du Règlement de 1930 et, en particulier, la division en deux parties. Une partie est constituée par le *texte des Règlements*, d'un caractère aussi général que possible, complétée, dans une seconde partie, par des *commentaires explicatifs*, donnant des règles plus arbitraires et moins impératives, permettant à ceux qui veulent suivre simplement le règlement, de prendre la règle telle quelle, et à ceux qui veulent faire preuve d'initiative, de présenter d'autres solutions qui devront naturellement toujours être justifiées par des résultats expérimentaux.

Nous avons cherché à simplifier les règles qui nous ont paru un peu compliquées ou peu employées dans les bureaux d'études. Nous nous sommes rendu compte de la mesure où certaines règles étaient employées dans les bureaux, en questionnant ceux qui avaient bien voulu venir nous apporter leur concours. Nous avons pu ainsi mieux connaître le sens des modifications à apporter.

Au début du règlement, nous mettons en évidence que les résultats expérimentaux bien conduits ont le pas sur toute considération à priori; lorsque l'on peut essayer un élément déterminé, correspondant à une série identique, le résultat de cet essai passe le calcul.

Nous avons ensuite voulu tenir compte de l'influence défavorable des surcharges variables par rapport au poids propre. Nous avons donc admis que les ouvrages seraient calculés sous une fonction de la charge et du poids

propre qui, si mes souvenirs sont exacts, sont : $P + 1,2S$. En conséquence, les contraintes admissibles ont été majorées d'une certaine proportion, tenant compte d'une augmentation moyenne de la surcharge de calcul des ouvrages.

En ce qui concerne les *contraintes des aciers*, il était nécessaire de tenir compte des conditions particulières de résistance et surtout d'adhérence des aciers nouveaux : aciers crénelés, aciers torsadés, qui apportent indiscutablement une augmentation de résistance à la fissuration. On a donc proposé une formule, qui permet d'adopter une contrainte qui dépend à la fois du coefficient d'adhérence des aciers et de leur enrobage dans le béton.

Cette formule relativement simple a suffisamment de bases théoriques et expérimentales pour que l'on puisse avancer des chiffres sans craindre de résultats anormaux. Bien entendu, il y a deux limitations à la contrainte des aciers; la première, habituelle, qui est une certaine fraction de la limite élastique pour des raisons de sécurité, et la deuxième, fonction du diamètre des barres et des conditions d'adhérence, qui limite la fissuration du béton.

Le problème de l'adhérence de la barre droite dans le béton a du moins quelque peu progressé, mais il reste à étudier d'autres questions concernant la jonction des barres et l'adhérence des extrémités droites ou crochettées. M. ESQUILLAN les étudie particulièrement. Des essais sont en cours aux laboratoires de la rue Brancion pour déterminer la longueur d'ancrage nécessaire, dans les barres, au-delà de la ligne enveloppe des moments fléchissants ou au-delà de l'extrémité de la poutre. Ces essais en sont au stade préliminaire; les premiers sont de ces jours-ci, il est donc prématuré d'en tirer des conclusions. Il semble cependant que l'ancrage n'a pas besoin d'être prolongé considérablement au-delà de la ligne enveloppe des moments.

Nous avons simplifié aussi la formule des *pressions localisées*. Celle du B. A. 45 était compliquée et peu employée; on a proposé un texte plus simple. En ce qui concerne le *flambement*, nous nous sommes demandés s'il fallait conserver une formule théorique, d'un type dérivé de la formule d'Euler, ou bien s'il fallait tout simplement prendre les points expérimentaux et tracer une simple droite, qui serait à peu près aussi proche des résultats expérimentaux qu'une formule théorique. Nous avons proposé, comme les Suisses d'ailleurs, une formule linéaire; elle a l'avantage d'être simple, elle a l'inconvénient de ne pas être basée sur des vues théoriques.

Enfin un autre point a attiré particulièrement notre attention : c'est le *mode de calcul des moments fléchissants* dans les poutres de planchers. Cette question, qui

a donné lieu à un petit référendum dont j'ai parlé tout à l'heure, se présente sous un jour tout différent, selon qu'on l'aborde du point de vue théorique ou du point de vue pratique. En théorie pure, il est certain qu'une poutre continue doit être calculée dans des conditions de charge et de surcharge assez compliquées. Ce calcul devrait tenir compte des diverses positions des surcharges accidentelles ou définitives, des diverses conditions de coulage de la poutre, des conditions d'appui au moment de la mise en charge, de l'état des travées voisines, etc.

Or, dans le bâtiment (et je vous le rappelle, ce règlement ne s'applique qu'aux ouvrages courants et non pas aux grands ponts et aux ouvrages qui ressortissent des travaux publics) de telles poutres sont généralement coulées, décoffrées, mises en charge, raccordées, chargées et déchargées, dans des conditions qui sont absolument inconnues.

Si l'on voulait faire un calcul complet, il faudrait tenir compte de tous les cas possibles en cours d'exécution et en service. Si l'on trace la courbe enveloppe des moments, on arrive à des dispositions d'armatures, qui sont tout à fait différentes de celles qui sont pratiquement adoptées, et pourraient doubler les quantités couramment utilisées.

J'ai posé la question à nos collègues; dans la plupart des bureaux d'études, lorsqu'il s'agit de bâtiments, on calcule les poutres avec des formules extrêmement simples en prenant, au milieu de la portée et sur appui, une fraction du moment dû à une charge uniforme sur appuis simples. Or, l'expérience prouve que si l'on prend des moments d'encastrement suffisamment grands, bien que théoriquement trop faibles, pour éviter une fissuration abusive aux appuis, la construction donne toute satisfaction bien qu'elle ne soit pas conforme aux règles théoriques de la continuité. C'est pour cela que nous avons proposé des formules réduisant les calculs au minimum.

Il est bon de rappeler l'une des règles du B. A. 45, qui nous paraît être la règle d'or du béton armé : c'est la règle relative aux coutures. Il est très utile d'insister (plus peut-être que nous ne l'avons fait dans notre projet) sur la nécessité d'assurer de bonnes coutures des divers éléments entre eux : âmes et appuis, poutres et dalles, ancrages et chaînages, armatures entre elles, etc. Ces armatures supplémentaires généralement très modestes, nous paraissent extrêmement utiles, parce qu'elles assurent aux constructions ce que l'on pourrait appeler une résilience plus grande, qui leur évite de se rompre brusquement par écroulement en cas d'efforts accidentels dus à des surcharges excessives, à des déformations imprévisibles, ou même à un bombardement.

Je me rappelle certains essais que j'ai faits il y a bien longtemps sur divers types de planchers avec poutrelles, préfabriquées ou non et avec des dalles plus ou moins

liées aux poutrelles ou aux armatures. Il est indiscutable que l'existence d'armatures de liaison assure aux constructions une indéformabilité considérable avant rupture, donc un travail de déformation extrêmement élevé qui leur permet de résister à toutes sortes d'efforts anormaux ou imprévus. Moyennant un prix relativement faible, on augmente ainsi singulièrement la résistance de la construction.

Enfin notre règlement devrait se terminer par une étude des questions relatives à l'effort tranchant. Ici je serai beaucoup plus bref parce que la question paraît devoir être réexaminée de très près. Le B. A. 45 formule un certain nombre de règles avec un échelonnement de cas. Est-il nécessaire de rester aussi complexe ?

La règle d'équilibre d'une poutre en béton armé, admettant la formation de fissure à 45°, est parfaitement valable dans les zones de moment nul ou sensiblement nul. Que se passe-t-il dans les zones où le moment n'est pas nul et où il y a en même temps un effort tranchant ? Quelles sont les conditions de fonctionnement dans la zone d'encastrement des poutres sur les appuis de continuité ? Ce problème doit être étudié, c'est une des questions que M. Esquillan voudrait approfondir, avant de donner un texte qui pourrait apporter des résultats nouveaux.

Je crois pour l'instant que, tout en poursuivant les expériences nécessaires, nous devrons nous borner à reprendre les anciennes règles, quitte à les simplifier, en restant conforme aux usages.

Des essais sur la résistance au cisaillement accompagné de compression sont en cours actuellement. Les premiers résultats ont été obtenus il y a quelques mois aux Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, en tordant des tubes de béton soumis à une pression parallèle à l'axe. L'addition des deux efforts donne des conditions de résistance particulières. Nous avons commencé à déterminer la direction des tensions principales et à mesurer les déformations; il nous semble jusqu'à présent que la déformation du béton en traction ne présente pas de zone de plastification très apparente.

Voici donc l'état actuel de nos études sur le projet de règlement des constructions en béton armé. Nous nous sommes posés beaucoup de questions mais bien souvent, nous avons été dans l'impossibilité d'y répondre d'une façon satisfaisante, parce que chaque fois nous nous sommes trouvés devant de redoutables inconnues qu'aucune donnée expérimentale sérieuse et précise nous a permis de calculer.

En terminant, je dois remercier de leur appui, nos Conseils et nos collègues qui, depuis de nombreuses séances, nous ont apporté leur concours. Je souhaite que leur ardeur ne se ralentisse pas car nous n'avons pas fini.

DISCUSSION

M. FREYSSINET. — Je désirerais dire quelques mots sur une question un peu particulière. J'ai assisté, il y a bien longtemps, à un accident total. Un bâtiment s'est écroulé et s'est trouvé, en quelques instants, réduit à des morceaux gros comme des noix. Le bâtiment comprenait trois étages, et chaque plancher était composé d'un grand nombre de nervures, parallèles ou identiques.

Il a suffi de la défaillance locale d'une poutre au cisaillement, pour entraîner une augmentation progressive des efforts et causer en quelques secondes un désastre total. Ce phénomène pourrait s'appeler un *phénomène de déchirure*.

Le bâtiment était achevé. On peut supposer que les variations de température ont joué sur la toiture et ont provoqué une rupture locale dans un élément où les étriers se trouvaient couchés. Cette rupture locale a eu pour conséquence une aggravation des contraintes de cisaillement de chaque côté de la rupture. La suppression de la poutre a doublé la charge de la poutre voisine qui a cédé à son tour, et l'accident s'est propagé presque instantanément.

Il faudrait qu'un bâtiment ne puisse pas s'effondrer, si un tel accident arrivait. Je crois bien que ce point n'a jamais été évoqué, dans aucun Règlement.

M. CAQUOT. — Si, c'est la *Règle des Coutures*; ce béton n'était certainement pas coulé.

M. FREYSSINET. — Il l'était. On doit admettre que certains bâtiments comportent des malfaçons qui n'ont pas de répercussion sensible, si le phénomène de déchirure n'est pas possible. Mais, s'il y a possibilité de déchirure, les malfaçons ne pardonnent pas.

M. BALENCY-BÉARN. — Il faudrait introduire cette notion dans le Règlement, peut-être en imposant une solidarité transversale des éléments identiques et parallèles.

M. CAQUOT. — Je désirerais évoquer une autre catastrophe; il s'agit de la *méthode de Cross*. Ces méthodes ne tiennent aucun compte de la réalité, les ingénieurs qui les utilisent semblent ne plus avoir de bon sens, ils font des calculs de soixante pages, sans prendre le temps de regarder le problème.

Si l'on construit un ouvrage, avec des armatures continues, dont les sections restent dans des limites convenables, — si l'on réalise une bonne liaison des éléments, — cet ouvrage, conçu suivant des calculs très approximatifs, pourra résister à toutes

sortes de sollicitations et même à des tremblements de terre très importants.

Mais, si cet ouvrage est conçu suivant des calculs très précis par les méthodes élastiques, il s'écroulera comme un château de cartes au moindre souffle.

Il faudrait indiquer, dans le Règlement, que les méthodes élastiques ne sont pas applicables au calcul du béton armé, car le béton armé ne devient élastique qu'après usage et adaptation.

M. BALENCY-BÉARN. — En ce qui concerne l'utilisation des aciers dans les poteaux, nous avons quelques hésitations. Nous allons demander à M. FREYSSINET si, pour les armatures longitudinales, il faut préconiser des aciers durs.

M. FREYSSINET. — Des aciers durs, mais sans crochets.

M. CAQUOT. — Non, jamais de crochets dans les poteaux, mais il faut en mettre dans les semelles.

M. BRICE. — Une autre question se pose, celle de la jonction des aciers comprimés.

M. FREYSSINET. — Il ne faut pas de jonction d'aciers dans des zones comprimées, qu'il s'agisse de poteaux ou de poutres. Il faut, soit effectuer une soudure, soit prolonger les barres jusqu'à une zone neutre. Autrefois, je préconisais un procédé de raccordement des barres comprimées qui consistait à prendre un morceau de tube, le remplir de lait de ciment et y enfoncez les barres.

M. CAQUOT. — L'exposé de M. BRICE est exact. (Il faudrait d'ailleurs poursuivre des recherches sur l'effort tranchant et sur les coutures.)

Ceci dit, pour rendre utile vos conclusions, nous devrons prendre contact avec le Ministère de la Reconstruction et lui exposer que, dans le but de diminuer le prix de la construction, la Chambre Syndicale prépare un projet de nouveau Règlement.

M. BALENCY-BÉARN. — D'ailleurs la révision des Règles B. A. 45 était prévue dès son origine.

M. CAQUOT. — Oui, en principe elle était prévue tous les ans. Actuellement, je pense que vos études sont assez avancées pour pouvoir en saisir le Ministre, afin que la Commission de révision puisse commencer à étudier votre projet. Ainsi nous pourrons vraisemblablement avoir des *Règles B. A. 54*.

LES THÉORIES DE CALCUL A LA RUPTURE

Projet d'établissement d'un règlement basé sur ces théories.

Par M. N. ESQUILLAN,

Ingénieur des Arts et Métiers, Directeur Technique des Entreprises Boussiron.

M. le Président BALENCY-BÉARN m'a demandé de présenter un exposé sur les théories de calculs à la rupture. M. CHAMBAUD semblait plus qualifié que moi pour aborder ce problème de la flexion élasto-plastique. Je pense que son absence aujourd'hui, dont nous regrettons le motif, les contacts que j'ai eu l'occasion d'avoir depuis un an avec des collègues de différents pays, me valent l'honneur d'exposer quelques idées sur cette question.

Devant un auditoire aussi averti de ces problèmes, je me contenterai d'ailleurs de quelques rappels sommaires, avant d'indiquer la voie dans laquelle il me paraîtrait souhaitable de s'engager.

Dès le début du béton armé, la question du calcul à la rupture s'est posée. Le professeur MÖRSCH, entre autres, avait envisagé cette possibilité, mais pour la rejeter car il lui reprochait de n'être guère accessible à la théorie.

A cette époque, toutes les Commissions françaises et étrangères orientèrent leurs recherches expérimentales et leurs méthodes de calculs sur la phase de comportement d'une pièce fléchie, correspondant à la fissuration du béton et bornée par la limite apparente d'élasticité de l'acier. Toutefois l'artifice de choisir la limite de contrainte, d'après les résultats d'essais de rupture à la flexion, corrigeait dans une certaine mesure l'arbitraire de ce mode de calcul.

Le Règlement français de 1906 était très libéral et permettait de larges initiatives aux ingénieurs et aux constructeurs. Aussi, malgré ses défauts, la théorie classique a cependant permis le magnifique essor du béton armé et la réalisation d'ouvrages remarquables.

Toutefois les critiques initiales ont pris de l'importance avec l'expérience acquise, au cours de ces cinquante années d'applications :

— Fiction des contraintes calculées et d'un coefficient d'équivalence immuable, car le béton est un milieu hétérogène où tout varie suivant les influences internes et externes, y compris celles du temps;

— Illlogisme de coefficients de sécurité différents pour le béton et pour l'acier;

— Gaspillage de matériaux, puisque les ouvrages calculés par ces méthodes et correctement exécutés résistent toujours, bien au-delà des prévisions.

La première tentative de règles différentes de celles de la théorie classique paraît être celle du Professeur STEUERMANN. Elle a servi de base au règlement russe, antérieur à 1939. Elle a constitué une amélioration, car les valeurs de rupture calculées se rapprochent davantage de la réalité. Un des principes de cette théorie était sain : celui de tenir compte de la capacité de résistance des éléments et non des contraintes. Par contre, un autre principe paraît plus critiquable : la prise en

compte systématique du béton à l'extension. Il est souvent illusoire de faire appel à cette résistance, les tensions internes dues au retrait pouvant l'abaisser dangereusement.

Le deuxième pas important est, je crois, celui du Professeur SALIGER de Vienne, en 1936-1938, dans ses publications : *Bruchzustand und Sicherheit* et *Der bildsame Bereich im Eisenbetonbalken*.

Depuis, l'évolution ainsi commencée s'est accentuée sous la pression des circonstances, au cours de la dernière guerre, par suite de la pénurie des matériaux et des constatations faites sur l'excellente tenue des ouvrages en béton armé, ayant subi des bombardements. En outre :

— L'introduction sur le marché d'acières à limite élastique de plus en plus élevée,

— L'amélioration de la qualité des bétons et de leur contrôle,

— La meilleure connaissance des propriétés des deux matériaux et de leur comportement réciproque,

— Le développement du béton précontraint ont joué un rôle considérable dans la révision des théories de calculs.

L'évolution signalée semble même s'être précipitée depuis 1948. La théorie et les recherches, pour remplacer le calcul classique du béton armé par un calcul à la rupture, se développent rapidement en France et à l'étranger.

Vous connaissez les travaux minutieux de M. CHAMBAUD et les conclusions qu'il en a tirées, dans le récent *Formulaire du béton armé*.

A l'étranger, une des écoles les plus avancées paraît être celle de Vienne, avec les Professeurs SALIGER et GEBAUER. Le calcul en flexion élasto-plastique paraît toléré par l'Administration autrichienne. Il a été utilisé notamment pour plusieurs ponts, dont le dernier, le Marienbrücke sur le Donaukanal, accuserait, du fait de l'emploi de ces méthodes, une économie d'acier de 27 % par rapport au calcul classique.

On peut citer également les travaux :

en Allemagne, des Professeurs HABER et RÜSCH;

en Italie, du Professeur COLONNETTI;

aux U. S. A., de M. WHITNEY;

en Belgique, du Professeur BAES et de M. MŒNAERT;

auxquels nous sommes redevables d'un très intéressant colloque franco-belge le 8 mai 1953 à Paris.

M. SAILLARD m'a signalé qu'une thèse de doctorat de M. HABERSTOCK, à Munich (cahier 109, du *Deutscher Auschuss für Stahlbeton*) expose une trentaine de méthodes de calculs à la rupture.

J'ai procédé pour la flexion simple à une analyse rapide de quelques-unes de ces méthodes et à une application à des cas concrets. Elles reviennent toutes sensiblement au même, mais la présentation et surtout les modes de calculs diffèrent.

Il apparaît donc nécessaire, tant au point de vue scientifique qu'économique, d'envisager un Règlement basé sur les théories à la rupture.

Nécessité scientifique. — Ce n'est pas en augmentant à chaque règlement les valeurs des contraintes admissibles que des progrès seront réalisés. Les progrès ne peuvent se poursuivre que si la réalité est serrée de plus en plus près. Or, le calcul à la rupture permet d'apprécier plus correctement le coefficient de sécurité d'une pièce en béton armé, en particulier en flexion composée et par suite en béton précontraint, qui est précisément un cas spécial de flexion composée.

Nécessité économique.

— Le calcul à la rupture conduit en général à un gain d'acières;

— Les calculs sont plus rapides et plus simples que par la méthode classique. Il en résulte une économie de temps au bureau d'études.

Je voudrais aussi signaler que la France ne semble plus avoir gardé l'avance considérable qu'elle avait en matière de béton armé et de béton précontraint. En Allemagne notamment, où les ouvrages en béton d'avant-guerre étaient lourds et où l'acier était roi, le contraste est frappant; la grande majorité des ponts est désormais en béton précontraint, partiel ou total, et les ouvrages ainsi réalisés apparaissent très hardis.

Une initiative française dans le domaine de l'établissement de nouvelles règles, claires et pratiques, en coordination si possible avec les autres pays européens, nous semble donc nécessaire.

Nous possédons toutes les bases nécessaires à l'établissement d'une théorie et de règles cohérentes. Nous pourrions en effet apporter une contribution des plus intéressantes avec :

- Les théories de rupture de M. CAQUOT;
- La théorie de fissuration de M. BRICE;
- La théorie de la flexion élasto-plastique de M. CHAMBAUD;
- Les théories du béton précontraint de M. FREYSINET et de ses collaborateurs, notamment de M. LEBELLE et M. GUYON;

— Les théories de probabilités de M. PROT et M. R. LEVI.

Une synthèse de ces théories et de celles similaires d'autres pays d'Europe permettrait sans doute de dégager des règles simples sur lesquelles tout le monde pourrait être d'accord. Bien qu'il serait préférable de parvenir à un texte unique pour tous, le cas échéant, chaque pays pourrait jouer ensuite sur les coefficients de sécurité, sur la présentation du règlement, s'il désire conserver son mode habituel d'exposé et son style propre.

La réalité pourrait être serrée de plus près, en utilisant par exemple la méthode suivante :

— Frapper les charges et les surcharges d'un coefficient qui serait fonction de leur mode d'application et de la plus ou moins grande connaissance de leurs effets sur le complexe béton-acier;

— Frapper la résistance à la rupture de chaque matériau d'un coefficient d'incertitude suivant leur connaissance, leur mode de mise en œuvre et la plus ou moins grande précision de leur contrôle;

— Appliquer un coefficient de sécurité général constant, qui pourrait alors être limité à 1,6 ou 1,7.

Les phénomènes de rupture par cisaillement et par flambage devraient être l'objet d'une attention particulière car ils sont en général instantanés, ne préviennent pas et sont alors sans rémission.

Enfin, il faudrait distinguer et retenir au moins deux possibilités :

— Celle de rupture, relative par exemple à un pont;

— Celle de déformations inacceptables ou de détériorations qui rendraient l'ouvrage inutilisable, même sans rupture, par exemple : sécurité d'un réservoir à la fissuration.

C'est à cette deuxième sécurité que pourraient s'appliquer des méthodes comme celles de M. BRICE sur la fissuration, ou des Autrichiens, MM. PUCHER et PUWEIN sur les déformations excessives.

Dans un stade ultérieur, des probabilités variables pourraient être introduites suivant la nature d'ouvrages et sa durée.

En conclusion, j'estime que dès cette année, si la Chambre Syndicale et les organismes intéressés le jugent bon, il conviendrait de commencer la mise au point de Règles, basées sur le calcul à la rupture, et de prendre contact à ce sujet avec les Administrations françaises et avec les collègues et administrations européennes intéressées.

DISCUSSION

M. CAQUOT. — Je demanderais à M. ESQUILLAN de compléter son exposé, en évoquant Maurice LEVY qui, le premier, a calculé avec la charge de rupture. Choisi comme arbitre par le Conseil général des Ponts, lors de la préparation du Règlement de 1906, Maurice LEVY a fait des calculs de résistance d'après l'état de rupture, au lieu de faire des calculs classiques. Il a trouvé notamment que le coefficient de sécurité des poteaux était d'environ 2, en prenant le coefficient 0,28 pour le faux de contrainte admissible.

Monsieur le Président, je pense que vous devriez vous adresser à l'A.F.N.O.R., en leur exposant que les Règlements du Béton Armé devraient être les mêmes pour tous les Ministères, vu que les matériaux sont identiques. Vous pourriez leur préciser que

nous désirons faire un Règlement, qui aurait un caractère européen.

M. BALENCY-BÉARN. — N'y aurait-il pas intérêt à définir auparavant les grandes lignes de ce Règlement ?

M. CAQUOT. — Non, je crois que vous pourriez dès maintenant alerter l'A.F.N.O.R.

M. BALENCY-BÉARN. — Je voudrais aussi remercier l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, qui a accepté de nous déléguer, en quelque sorte, M. CHAMBAUD pour préparer ce Règlement. Nous donnerons à M. CHAMBAUD les collaborateurs nécessaires.

LA DÉTERMINATION D'UN ACIER « TOR-60 »

Par M. Y. SAILLARD,

Ingénieur Civil de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
Secrétaire Technique de la Chambre Syndicale.

Dans le but d'augmenter dans certains ouvrages les contraintes admissibles en traction des aciers d'armatures, nous nous sommes attachés à l'étude d'un acier, dont la limite d'élasticité serait de 60 kg/mm² et dont les contraintes admissibles pourraient atteindre, suivant la nature de la pièce et la tolérance de fissuration, des taux de l'ordre de 35 à 40 kg/mm².

Abstraction faite des aciers lisses de nuance dure, dont le façonnage est difficilement réalisable et dont l'emploi ne peut être qu'exceptionnel, nous avons été amenés à imaginer :

- Soit un acier crénelé;
- Soit un acier écroui par torsion, du type « Tor-60 ».

Comparaison du « Crénelé-60 » et du « Tor-60 ».

Nous savons que, pour ces aciers, le problème essentiel devient celui de la fissuration. En effet, d'après la théorie de M. BRICE, la somme de toutes les ouvertures de fissures augmente proportionnellement à la limite d'élasticité et, partant, à la contrainte admissible en traction. Par contre, le maximum admissible pour chacune de ces ouvertures de fissures reste évidemment invariable. Il est donc nécessaire, si l'on augmente les contraintes admissibles, d'améliorer d'autant la répartition des fissures. Ceci n'est possible qu'en améliorant les qualités d'adhérence, ou pour employer un vocable plus général, de liaison béton-acier. Cette adhérence élevée est nécessaire, non pas en elle-même, mais du fait de son influence sur la répartition des fissures.

A ce point de vue, l'acier crénelé et l'acier Tor semblent équivalents. Dans l'un comme dans l'autre, l'amélioration de la liaison béton-acier se trouve limitée par le cisaillement possible de la gaine de béton, suivant la surface enveloppe des crénelures ou des nervures. Toutefois, de l'amélioration de cette liaison béton-acier, il résulte obligatoirement une aggravation très sensible des effets d'éclatement du béton d'enrobage. L'expérience a prouvé que ces effets d'éclatement étaient plus sensibles avec des crénelures transversales discontinues (acier crénelé normal) qu'avec des crénelures continues, hélicoïdales par exemple (acier Tor). C'est là une des raisons, qui nous ont orientés vers l'étude de l'acier Tor-60.

Par ailleurs, les aciers à crénelures transversales sont généralement très sensibles aux phénomènes de fatigue, dus aux sollicitations répétées. Des accidents se sont produits dans des ouvrages où étaient utilisés des aciers Tor, présentant un système complémentaire de crénelures transversales, destiné à améliorer l'adhé-

rence. Cette médiocre résistance à la fatigue semble due principalement à des défauts de laminage qui peuvent provoquer des critiques perpendiculaires aux efforts principaux de traction.

Enfin, les aciers écrouis par torsion ont un façonnage plus aisés. Certes, cette facilité de façonnage n'a qu'une importance réduite, dans le cas des ouvrages courants (par exemple, dans le cas des bâtiments), où nous espérons obtenir une simplification des ancrages et notamment la suppression des crochets d'extrémité. Mais le problème subsiste dans le cas des ouvrages d'art.

En résumé, le « crénelé-60 » et le « Tor-60 » peuvent conduire à des adhérences équivalentes. Mais le Tor-60 nous a paru présenter trois avantages essentiels :

- Moindres effets d'éclatement du béton;
- Meilleure résistance à la fatigue;
- Façonnage plus aisés.

Points de vue des constructeurs étrangers.

Notre étude de l'acier Tor-60 a été facilitée par les premiers résultats expérimentaux de nos collègues étrangers :

- M. le Professeur Roš, de Zurich;
- M. EICHINGER, Ingénieur aux aciéries von Moos de Lucerne;
- M. le Docteur SOREZ, Ingénieur-Conseil aux aciéries Schmidt, de Vienne.

Ces expériences nous ont permis d'effectuer quelques recherches théoriques, susceptibles de nous permettre la détermination d'un acier Tor-60 répondant aux préoccupations des constructeurs français.

Cette étude doit paraître dans la revue *Travaux de* septembre 1953.

Nous noterons ici, que les profils choisis par les constructeurs étrangers ne sauraient nous satisfaire. L'optique de ces constructeurs est, en effet, très différente de la nôtre.

Ainsi, les constructeurs suisses accordent une importance assez réduite à l'amélioration d'adhérence et à la répartition des fissures; ils acceptent très volontiers, avec le Tor-60, des ancrages presque identiques à ceux des aciers lisses et sont peu intéressés par une suppression des crochets d'extrémité. Par contre, ils accordent une importance primordiale aux phénomènes de fatigue,

qui peut paraître exagérée aux constructeurs français.

De leur côté, les constructeurs allemands ont paru être hypnotisés par l'augmentation d'adhérence, indépendamment de la limite qu'impose le cisaillement possible de la gaine de béton, indépendamment des effets d'éclatement, indépendamment également des phénomènes de fatigue.

Caractéristiques des aciers « Tor-60 ».

Les aciers « Tor » sont obtenus à partir de barres cylindriques, laminées à chaud, comportant deux ou quatre nervures longitudinales et quelquefois, quelques saillies complémentaires. Ces barres sont écroutées par torsion à froid; cette torsion est d'ailleurs accompagnée d'un léger éirement, de manière à éviter que les barres forment entre elles une sorte de fuseau.

Ces aciers contiennent :

Du carbone (0,21 à 0,25 % en Autriche; 0,20 % en Suisse);
Du silicium (0,30 à 0,40 % en Autriche; 0,46 % en Suisse);
Du manganèse (1,40 à 1,60 % en Autriche; 1,40 % en Suisse).

Les caractéristiques de l'air initial sont les suivantes :

Limite d'élasticité vraie	40 à 45 kg/mm ²
Charge de rupture	65 à 72 kg/mm ²
Allongement de rupture	25 à 30 %

Après écroutage, suivant un pas de torsion d'environ 10 Φ , les caractéristiques de cet acier deviennent les suivantes :

Limite d'élasticité (conventionnelle)	60 à 65 kg/mm ²
Charge de rupture	72 à 85 kg/mm ²
Allongement de rupture	12 à 17 %

Les valeurs garanties par les constructeurs suisses (aciéries von Moos) sont de :

Limite d'élasticité (conventionnelle)	60 kg/mm ² (minimum)
Charge de rupture	72 kg/mm ² (minimum)
Allongement de rupture	12 % (minimum)

Limite supérieure de l'écroutage.

Le pas de torsion de 10 Φ actuellement utilisé n'a qu'une valeur assez conventionnelle. Il est évident que si nous poussons l'écroutage à un degré plus élevé, nous obtiendrons de meilleures caractéristiques mécaniques, ainsi d'ailleurs que de meilleures qualités d'adhérence.

Compte tenu d'un allongement moyen de rupture de 28 % et d'une diminution correspondante de section de 60 %, compte tenu d'un coefficient de sécurité de 1,7 par rapport à cette rupture, nous avons déterminé par le calcul le degré maximum d'écroutage. Cet écroutage correspondrait à un pas de torsion de 4,5 Φ .

Il faut noter qu'à un écroutage aussi poussé, les crêtes longitudinales, qui ont pu se produire au laminage le long des nervures, deviennent de plus en plus inclinées par rapport à l'axe longitudinal, donc de plus en plus dangereuses quant à la résistance de l'acier aux efforts de traction et surtout aux efforts de fatigue.

Mécanisme de l'ancrage des aciers Tor.

Le mécanisme de l'ancrage d'une barre Tor diffère sensiblement de celui d'un acier lisse. L'ancrage est constitué :

— D'une part, par une résistance de frottement béton-acier, le long des nervures hélicoïdales;

— D'autre part, par une résistance de ces nervures au cisaillement.

Toutefois, ce système de forces donne naissance à un moment de torsion qui agit sur les nervures et tend à produire un dévissage de la barre.

L'analyse théorique de ce phénomène nous conduit à penser que, du fait de ce dévissage, la contrainte effective n'_a dans la section de la barre se trouve majorée, par rapport à la contrainte apparente n' suivant l'expression :

$$n'_a = n' \sqrt{1 + 9 \cot^2(\varphi + \psi) - 1}$$

où φ désigne l'angle de frottement béton-acier et où ψ désigne l'angle de l'hélice sur l'axe longitudinal.

Pour un pas de torsion de 10 Φ , ceci nous donnerait environ :

$$n'_a = n' \times 1,40.$$

Pour que n'_a reste inférieure à la limite élastique conventionnelle de 60 kg/mm², il faut que la contrainte admissible ne puisse dépasser 43 kg/mm²; or, nous ne dépasserons jamais 40 kg/mm². Cette tendance au dévissage ne nous paraît donc pas présenter des inconvénients sensibles.

Par ailleurs, nous devons noter que nos calculs n'ont de valeur que pour une barre Tor isolée dans une gaine de béton. En pratique, les barres sont groupées, coussées par des ligatures et des armatures transversales; la tendance au dévissage s'en trouve, sinon annulée, du moins singulièrement amoindrie.

Ce phénomène cause aux constructeurs suisses et allemands des inquiétudes sérieuses. S'appuyant sur des formules empiriques (valables dans le domaine plastique et non dans le domaine élastique) nos collègues arrivent à l'expression :

$$n'_a = n' \sqrt{1 + \frac{27}{4} \cot^2(\varphi + \psi)}$$

ce qui, pour un pas de torsion de 10 Φ , nous donnerait :

$$n'_a = n' \times 2,57.$$

Ainsi, la limite d'élasticité serait atteinte par n'_a pour une contrainte apparente n' de l'ordre de 23 kg/mm²; valeur sensiblement inférieure à celle des contraintes admissibles, que nous désirons obtenir de l'acier Tor-60. Les Suisses ont dû imaginer un système de verrouillage, par segments longitudinaux qui, à leur sens, possède une efficacité certaine, mais nous paraît surabondante.

Liaison béton-acier.

Nous nous sommes efforcés d'analyser les divers facteurs de la liaison béton-acier, dans le cas d'un acier Tor. Abstraction faite de la *Résistance au Décollement*,

qui nous est apparue comme négligeable, nous avons estimé que cette liaison béton-acier était constituée essentiellement par une *Résistance au Glissement*, résultant :

a) *D'un effet de frottement* (par l'action du retrait, le béton exerce une étreinte radiale sur la surface de l'armature; cette étreinte est réduite assez sensiblement par l'aminissement dû à l'allongement de la barre; en pratique, on peut considérer que l'étreinte effective n'est que de 1/6 ou de 1/4 de l'étreinte théorique). De cette contrainte radiale, résulte une contrainte tangentielle, suivant les lois du frottement.

b) *D'un effet de butées* (si les barres présentent une série de rugosités, ces rugosités sont susceptibles de s'appuyer sur le béton, au fur et à mesure de la mise en tension des armatures. Il se produit alors une butée de la protubérance ou de la crénelure sur le béton, et cette butée n'est limitée que par la résistance à l'écrasement de ce béton. Cette rupture éventuelle est d'ailleurs caractérisée par des secousses successives, dont chacune correspond à l'écrasement d'une butée).

Ainsi, il semblerait à priori que l'adhérence puisse indéfiniment être améliorée par la multiplication des butées. En réalité, cette amélioration se trouve limitée, très rapidement, par la *résistance au cisaillement de la gaine de béton*. Une rupture par cisaillement se produit alors, sans aucun avertissement préalable, suivant la surface enveloppe des crénelures ou des nervures, entraînant simultanément l'arrachement brutal de l'armature. Le béton cisaillé reste adhérent, sur toute la surface de la barre.

Le calcul nous a permis d'obtenir, pour la résistance de glissement, une valeur assez simple, donnée par l'expression :

$$\tau = \left(0,10 + 2 \frac{e}{H} \right) n_b$$

où :

τ représente la résistance de glissement, c'est-à-dire la contrainte de liaison béton-acier;
 e , la hauteur de la nervure, mesurée transversalement;
 H , la distance entre deux nervures ou crénelures consécutives;
 n_b , la résistance à l'écrasement du béton, mesurée sur éprouvette cubique.

Il est entendu que cette adhérence ne peut dépasser une valeur-limite, évaluée en moyenne à : $0,32 \times n_b$.

Nous nous sommes efforcés de vérifier cette formule simple, par les résultats expérimentaux dont nous disposons, à savoir : ceux de M. BICHARA (essais effectués aux *Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics* à Paris, 1951) et ceux de M. le Professeur Roš (essais effectués au *Laboratoire fédéral d'essais de Matériaux*, à Zurich, 1950).

La concordance avec notre formule semble satisfaisante.

Effets d'éclatement du béton.

Les effets d'éclatement du béton peuvent avoir deux origines possibles :

a) Les tensions radiales, créées par les déformations importantes du béton, sous l'action des effets de butées;

b) Les tensions dues aux réactions de la barre sur le béton, qui l'étreint par son retrait.

Dans le cas des aciers Tor, les tensions de la première catégorie sont peu sensibles et peuvent être négligées devant les secondes.

1^o Effet de l'inclinaison des faces latérales des nervures.

Soit α , cette inclinaison. Nous avons défini l'effet d'éclatement par le rapport de l'effort d'éclatement L à l'effort de traction T supporté par les tronçons correspondants de la barre.

Nous avons pu montrer que cet effet d'éclatement avait pour valeur : $\cotg(\alpha + \varphi)$.

Cet effet d'éclatement atteint donc son maximum, pour de petites valeurs de α , ce qui s'explique physiquement par l'*effet de coin* très important, qui se manifeste dans ce cas. Ensuite cet effet d'éclatement diminue au fur et à mesure que les faces de la crénelure ou de la nervure se redressent. Il devient nul pour : $\alpha + \varphi = 90^\circ$, c'est-à-dire pour un angle α voisin de 60° .

Il semble donc indispensable de donner à l'inclinaison α de la nervure une valeur supérieure à 60° . Cette condition est facilement vérifiée dans le cas d'un acier Tor. Seule, reste litigieuse la zone du *congé* de raccordement entre la nervure et le noyau cylindrique de la barre; ce congé est indispensable, du point de vue laminage, mais donne naissance à des effets d'éclatement. Toutefois, dans le cas du profil autrichien, les expériences du Professeur SALIGER semblent démontrer que cet effet d'éclatement ne dépasse pas 10 % de $\cotg \varphi$.

2^o Effet de l'écartement des nervures.

Le calcul des efforts nous donne l'expression de l'effet d'éclatement :

$$L = 0,18 \times S \times \left(1 + \frac{h}{H} \operatorname{tg}^2 \alpha \right) \times n_b$$

où :

S désigne la section de la barre;
 h la hauteur des nervures mesurée longitudinalement;
 H la distance entre deux nervures consécutives.

L varie donc en raison inverse de l'écartement H , ce qui nous permet de conclure au danger :

- Soit de resserrer les crénelures d'un acier crénelé;
- Soit de multiplier le nombre des nervures hélicoïdales d'un acier Tor ou d'augmenter leur pas de torsion exagérément;
- Soit d'ajouter à ces nervures un système secondaire d'armatures transversales.

Nous n'avons pu vérifier quantitativement ces expressions. Nos seules confirmations expérimentales sont d'ordre qualitatif; nous les avons trouvées :

- Soit dans les expériences de M. BICHARA aux *Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics de Paris*;
- Soit, surtout, dans les essais du Professeur KUUSKOVSKY, à son laboratoire d'Helsinki.

ERRATUM

Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics — N° 70, octobre 1953.

Article : Compte rendu de la Commission d'Études Techniques de la Chambre Syndicale des Constructeurs en Ciment Armé

Prière de rétablir comme ci-dessous l'aplomb de la figure de la page 935.



N. 2

Profils
de référence



N. 4



N. 2. C



N. 4. E

Profils
d'étude



N. 2. E



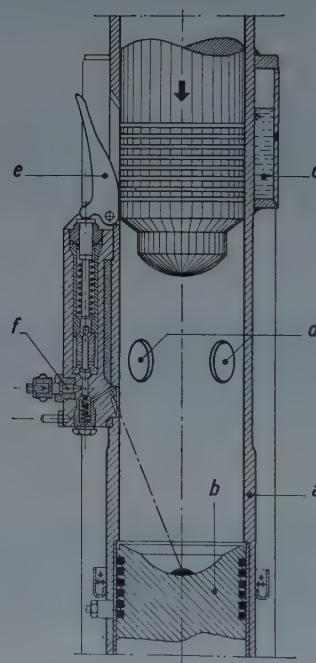
N. 2. S

ERRATUM

Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics — N° 73, janvier 1954.

Article J. GRANVOINNET. — Étude sur le battage des pieux au mouton.

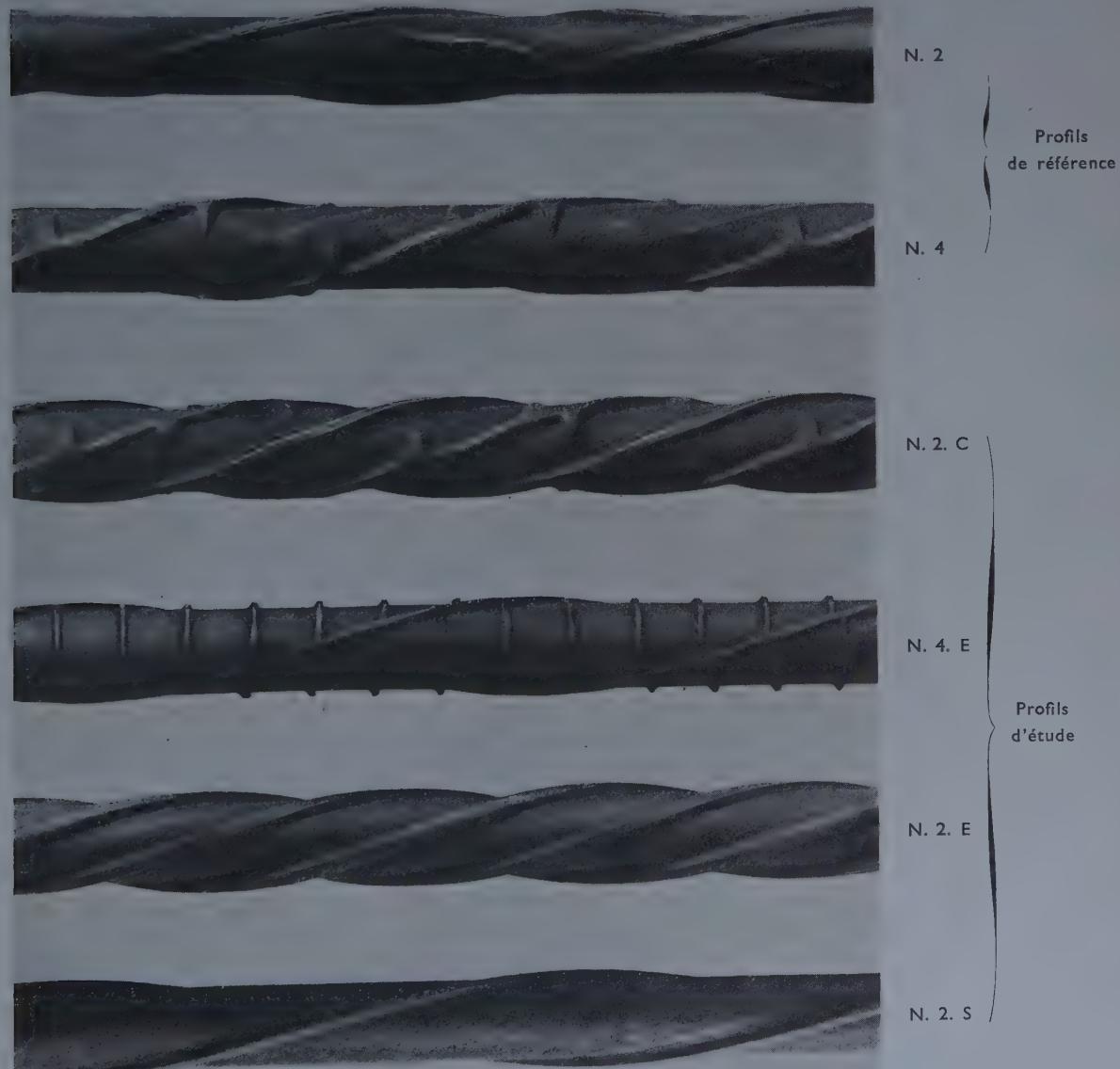
Prière de rétablir comme ci-dessous l'aplomb de la figure 29, page 36.



Dans ces derniers essais notamment, il se confirme l'existence d'un *angle d'inclinaison critique*, au-delà duquel l'effet d'éclatement devient négligeable. Cet angle semble voisin de 70° , c'est-à-dire un peu supérieur à la valeur de 60° , que nous suggérons. Cette notion d'angle critique semble ressortir également des travaux du Professeur SALIGER; toutefois ce dernier estime que l'éclatement est négligeable pour de petites valeurs de α , et croit jusqu'à un angle voisin de 70° , pour décroître ensuite. Nous pensons, au contraire que les petites inclinaisons sont extrêmement dangereuses.

Détermination d'un profil optimum d'acier Tor-60.

Nous avons étudié plus particulièrement certains profils, représentés sur la figure ci-dessous :



a) Deux profils de référence :

N. 2, à deux nervures hélicoïdales seules;
N. 4, à quatre nervures hélicoïdales seules.

b) Quatre profils d'étude :

N. 2. C, à deux nervures, complétées par des crénellures transversales complètes;
N. 4. E, à quatre nervures, complétées par des ergots transversaux, de longueur $\Phi/2$;
N. 2. E, à deux nervures, complétées par des ergots transversaux, de longueur $\Phi/2$;
N. 2. S, à deux nervures, complétées par des segments longitudinaux, de longueur 2Φ .

Le profil qui nous a donné les meilleurs résultats a été le profil N.4.E. Il offre une amélioration d'adhérence de 60 % par rapport au profil de référence correspondant.

Il résiste convenablement à la fatigue et n'occasionne que peu d'éclatements du béton, à condition que les faces des ergots soient très raides et bien réalisées au laminage, ce que les sidérurgistes considèrent comme possible.

Nous nous proposons donc de préparer de nouveaux essais, au moyen d'un lot expérimental d'acières.

Nous pensons essayer :

— D'une part, le profil N.4.E, tordu à 9 Φ ;

— D'autre part, les profils de référence N.2 et N.4 tordus progressivement de 9 Φ à 5 Φ .

Nous étudierons ainsi non seulement la liaison béton-acier, mais aussi les possibilités d'écrouissage et les influences du vieillissement. Nous nous proposons également de construire des poutres et des planchers prototypes, afin d'étudier les problèmes de fissurations; certaines de ces pièces seront essayées jusqu'à rupture.

M. le Président CAQUOT a bien voulu nous demander de lui soumettre préalablement le programme de ces essais.

(Reproduction interdite.)

**SUPPLÉMENT AUX
ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS**

OCTOBRE 1953

Sixième Année, N° 70.

Série : QUESTIONS GÉNÉRALES (XXII).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 25 NOVEMBRE 1952

Sous la présidence de M. VARLAN,

Maître de Conférences à l'École Nationale du Génie Rural et à l'École Nationale Supérieure des Beaux-Arts.

**LA PRÉVENTION DES INCENDIES
PAR L'IGNIFUGATION
DANS LE BATIMENT ET LA DÉCORATION**

Par M. l'Ingénieur-Docteur A. SAMUEL,

Ingénieur E. S. P. C.
Expert près le Tribunal Civil et la Cour d'Appel de Paris.

RÉSUMÉ

L'ignifugation peut s'appliquer au bois, aux tissus, au papier, à la paille, au nylon, aux matières plastiques, comme le montre le conférencier par quelques expériences.

Il existe des peintures et des enduits ignifuges. Les produits ignifuges agissent soit en retardant la transmission de la chaleur, soit en absorbant des calories qui abaissent la température de l'objet pour des raisons d'ordre physique ou physicochimique, soit encore par dilution des gaz inflammables qui naissent dans la pyrogénération du matériau protégé, et enfin par fusion de l'ignifuge qui forme une couche continue.

On étudie en détail le mécanisme physicochimique de l'action retardatrice. Les contrôles d'efficacité sont codifiés par des arrêtés ministériels.

Le Groupement Technique Français de l'ignifugation a institué un label qui sanctionne la valeur des produits commerciaux.

SUMMARY

Fireproofing may be applied to wood, fabrics, paper, straw, nylon, plastics, as is shown by the lecturer through some experiments.

One can use fireproof paints and coatings. Fireproof products act either through retarding the transmission of heat, or through absorbing the calories and lowering the temperature of the object for physical or physico-chemical reasons, or through the dilution of inflammable gases generated when the protected material is subjected to the action of fire, or, lastly, through the fusion of the fireproof material which forms a continuous layer.

The physico-chemical mechanism of the retarding action is investigated in detail. The controls of efficiency are coded by ministerial regulations.

The French Technical Society for Fireproofing has issued a label certifying the value of the commercial products.

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

Les mesures de prévention contre les incendies ont toujours préoccupé les architectes et les constructeurs, et cela de tous temps. Le feu est un fléau redoutable, et pour la protection des bâtiments, des villes, on a édicté des règlements qui diminuent les risques d'incendie et limitent l'étendue des ravages.

L'eau est le moyen le plus communément employé pour combattre les incendies. On utilise aussi des extincteurs, des grenades extintrices, et on prévoit maintenant des matériaux difficilement inflammables, voire même incombustibles. La conception de l'ouvrage doit être telle que le feu se propagera difficilement à longues distances, tant horizontalement que verticalement. C'est ainsi, par exemple, que dans un immeuble il est bon de prévoir pour chaque étage un système de ventilation indépendant et sans liaison avec les autres étages. On pourra prévoir des planchers coupe-feu, découper les immeubles en compartiments isolés et ne permettre dans les combles que des pièces indépendantes et non des appartements. Il faut aussi prendre toutes dispositions nécessaires pour que la fumée n'empêche pas l'évacuation des occupants.

Je lisais dernièrement une note parue dans les *Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*, dans laquelle on parlait des mesures de prévention contre le feu dans les immeubles à grande hauteur en Italie. Là, les immeubles sont classés en deux catégories : immeubles de moins de 30 m, ou allant au delà de cette hauteur, et les caractéristiques sont définies suivant que l'habitat se rattache à l'un ou à l'autre cas.

Les mesures de sécurité paraissent particulièrement sévères pour les accès. La nature des matériaux doit être bien précisée, ainsi que leurs épaisseurs minima, leur enrobage quand il s'agit de constructions métalliques, et c'est une des questions qui sera traitée par M. SAMUEL.

En France, l'expérience née de la dernière guerre nous a montré que les ouvrages couverts d'une terrasse résistaient beaucoup mieux aux incendies que ceux couverts d'un toit. Dans beaucoup de villes sinistrées, seules les maisons avec toitures terrasses subsistent encore.

Avant que M. SAMUEL ne nous parle de la prévention des incendies par ignifugation, je tiens à le présenter aux auditeurs de l'*Institut technique du Bâtiment et des Travaux Publics*

M. SAMUEL, Ingénieur-Docteur et Ingénieur E. S. P. C., est un des rares anciens élèves de cette École qui ait eu l'avantage de terminer les deux sections : section physique, section chimie. Plus tard, il a fait une thèse d'ingénieur-docteur, très remarquée, sur les isolants organiques solides, et comme second sujet une autre étude physico-chimique originale.

M. SAMUEL est tout à fait le type de l'ingénieur polyvalent et on le rencontre comme ingénieur conseil dans des sociétés traitant de l'ignifugation, ce qui est normal étant donné le titre de sa conférence, mais aussi dans des affaires de thermoplastique et même de cosmétique. C'est ainsi que depuis 1952, il préside aux destinées de l'Union de la Technique Française de la Parfumerie et de la Cosmétique à la Maison de la Chimie.

Je ne sais pas exactement quelle sera la conférence de M. SAMUEL, mais je m'aperçois comme vous qu'il y aura des expériences. Nous avons vu tout à l'heure que le problème de la sécurité incendie dans le bâtiment comportait plusieurs variables, dont la résistance des matériaux au feu et les aménagements spéciaux. Je ne sais pas si les matériaux qu'on va nous présenter résisteront à l'action du feu, mais en tous cas la conception de la salle dans laquelle nous nous trouvons me paraît particulièrement bonne puisqu'il y a deux sorties de secours et vous pouvez être totalement rassurés.

EXPOSÉ DE M. SAMUEL

La prévention des incendies pose un problème qui a depuis longtemps préoccupé les pouvoirs publics, lorsqu'il s'est agi de lieux où le public avait accès. Il y a eu, sans remonter à l'incendie du Bazar de la Charité, malheureusement trop souvent des incendies de théâtres, de cinémas, ou de foires qui ont donné lieu à d'importants dégâts matériels et à des pertes en vies humaines. La question s'est donc posée depuis déjà longtemps d'édicter des règles pour éviter de pareils désastres.

Récemment encore, l'incendie d'un cinéma de la banlieue de Paris, qui a causé de nombreuses victimes, a rendu encore plus actuelle la nécessité de nouvelles règles et d'abord, de commencer par faire appliquer celles qui avaient déjà été établies.

Ce problème se pose également aux pouvoirs publics en raison des circonstances internationales. La dernière guerre a montré quels ravages pouvaient faire les bombes incendiaires et les liquides ou gelées incendiaires. Les statistiques qui ont été établies ont montré qu'à prix

de revient et à tonnage égaux, les bombardements incendiaires étaient cinq fois plus efficaces que les bombardements explosifs.

Or, malheureusement, nous vivons un régime de paix armée et nul ne sait si la paix sera sauvegardée, si nous ne verrons pas encore des événements terribles et ce problème de la prévention des incendies est plus que jamais capital.

Au moment du règne de la bombe atomique, qui constitue le danger majeur, certains penseront : que vient-on nous raconter avec des incendies ? La bombe atomique coûte fort cher ; elle ne sera certainement pas utilisée d'une façon générale contre un adversaire, d'abord en raison de sa rareté et de son prix ; ensuite, dans un périmètre assez vaste, l'explosion de cette bombe crée un désert total. Or, dans une guerre, le but à atteindre, en définitive, n'est pas d'anéantir totalement une population ou un pays, mais plutôt d'assurer la domination de ce pays par le vainqueur et son exploitation ultérieure.

Il y a donc toutes raisons de penser que la bombe atomique ne sera utilisée que dans un nombre de cas limités et pour des endroits et en des circonstances, de nécessité vitale pour les opérations.

Par contre, les engins incendiaires seront de plus en plus généralisés, comme ils l'ont été pendant la dernière guerre, par les Allemands sur l'Angleterre, et réciproquement, de façon à rendre intenables les locaux d'habitation et à peu près impossibles les conditions de travail des ouvriers. Dans un sens, c'est peut-être un peu plus humanitaire — si on peut employer un tel mot quand il s'agit de guerre — parce qu'il est parfois plus facile de se sauver d'une maison incendiée que de se garder d'une explosion brutale.

Il y a, au Ministère de l'Intérieur, un service qui s'appelle « Service de la protection des populations civiles » et qui est l'ancien Service de la Défense passive. Ce terme est devenu peu adéquat, parce que cette défense ne doit plus être passive, mais au contraire, fort active de bien des façons. C'est pourquoi ce service s'intéresse particulièrement à la sauvegarde des habitants contre les fléaux incendiaires.

En temps de paix, les sinistres par incendies causent non seulement la perte de nombreuses vies humaines, mais la perte de richesses incalculables. La statistique publiée à la demande du Service National de la Protection civile, qui a été établie par l'Institut National de la Statistique et des Études économiques pour l'année 1951 est particulièrement instructive.

Il y a eu en France 16 815 incendies, totalisant une perte de 16 milliards de francs. Ce qui revient à dire que le coût moyen d'un incendie s'établit à 1 million de francs environ.

Près de 30 % de ces incendies, 4 870 exactement, ont eu lieu dans des maisons d'habitation. Leur point de départ se situe principalement dans les cuisines et dans les remises. En dehors des bois de cloisons ou de planchers, les principaux foyers naissent des isolants pour l'électricité, ainsi que des moulures et des baguettes revêtant les canalisations électriques.

En outre, en conséquence de ces sinistres, on a eu à déplorer 2 531 décès.

Il s'agit donc d'événements que l'on ne peut pas prendre à la légère. Il est évident qu'il y a le plus grand intérêt à essayer de réduire ces chiffres au minimum.

Indépendamment de ces pertes par incendies, franchement déclarées, il y a aussi chaque année, un certain nombre de décès par les incendies de vêtements. Ceci est un peu à côté de la question mais parfois un commencement d'incendie né dans un immeuble, dans un appartement ou un logement, peut être maîtrisé sans que cela tourne à un sinistre grave au point de vue immobilier; mais cela peut quelquefois mettre le feu à des vêtements et il y a encore trop de personnes qui sont, malheureusement, transformées en torches vivantes. Et celles-là ne sont pas comprises dans la statistique ci-dessus.

Il y a encore quelques mois, trois électriciens de la S. N. C. F. ont été pratiquement brûlés vifs parce que leurs vêtements ont pris feu à la suite d'un court-circuit.

La réglementation actuelle est encore extrêmement timide. Elle est entièrement basée sur le décret du 7 février 1941. Je n'ai pas la moindre intention de vous donner lecture de ce décret qui comprend près de 80 pages. Ce dernier a été renforcé par le décret du 15 juillet 1949 qui le précise en indiquant les conditions d'essais

des matériaux que, théoriquement, le décret de 1941 imposait dans certaines conditions.

Il y a eu ensuite un arrêté (décembre 1949) qui a créé un Comité d'études pour ces matériaux. Et enfin un plus récent, du 4 septembre 1951, normalisant les appareils de contrôle.

Ce décret de février 1941 s'applique à peu près intégralement aux lieux publics : cinémas, théâtres, foires, expositions. Je vous en citerai seulement deux ou trois passages, ceux qui ont plus particulièrement trait au sujet qui nous intéresse ici ce soir, c'est-à-dire à l'ignifugation. Il traite, avec une très grande minutie, de toutes sortes de questions (auxquelles faisait allusion, tout à l'heure, M. VARLAN, sur des sujets analogues en Italie), à savoir les questions de dispositions d'accès, de dimensions de portes, de dispositions pour couper le tirage, pour empêcher les communications d'un foyer d'un endroit à un autre, etc.

Plus particulièrement l'article 25 de ce décret dit ceci (il s'agit des théâtres) :

« Les décors, les praticables, les accessoires de scène, le rideau d'avant-scène et en général tous les objets et installations mobiles dans la cage de scène seront en matières difficilement combustibles.

« Sont considérées comme difficilement combustibles les matières qui se consument lentement sans émettre de flammes ni de fumée appréciables, compte tenu, le cas échéant, de l'avis des Commissions de Sécurité.

« Il ne sera toléré aucun rideau léger, en toile, en tulle ou autre tissu analogue, ni étoffe de lamé d'aucune sorte.

« Les directeurs d'établissements devront donner en temps utile avis au maire, de la mise en service des décors et autres objets ci-dessus désignés pour qu'ils soient essayés au point de vue de leurs difficultés de combustion par un délégué de la Commission de Sécurité.

« Tout décor n'ayant pas satisfait au contrôle ne pourra être utilisé et devra être retiré de l'établissement. »

L'article 39 :

« Les décors seront incombustibles, ou en toile entièrement marouflée sur amiante, ou en étoffe, toile, carton ou papier fort. Les cadres de décors et les praticables seront incombustibles ou rendus difficilement combustibles; les accessoires de scène et, en général, tous les objets de la cage de la scène seront difficilement combustibles ainsi que les tentures et le rideau d'avant-scène pour lequel l'emploi de fils de lamé métallique est interdit.

« Enfin, les salles, les portes et croisées pourront être décorées de lambris et encadrements en étoffe, être garnies de rideaux, tentures; les vantaux, les planchers pourront être couverts de tapis, mais ces étoffes et ces tapis seront en tissus incombustibles, ou tout au moins difficilement inflammables, ou même ignifugés. Ils ne devront pas gêner la circulation du public ou masquer les issues. »

D'autre part, article 63 :

« Les costumes en service devront être ignifugés dans le cas où ces costumes constituerait un danger spécial d'incendie soit en raison de leur accumulation, soit en raison des matières particulièrement inflammables dont il seraient constitués. »

Par conséquent, qu'il s'agisse éventuellement de cas spécifiquement prévus par les pouvoirs publics, ou qu'il s'agisse de cas qui ne le sont pas encore, mais qui tôt ou tard vont finir par s'imposer en raison des graves

menaces, non seulement sur la sécurité nationale eu égard à la politique internationale, mais également aux pertes intolérables de vies humaines et économiques qui se chiffrent, comme vous venez de le voir, par dizaines de milliards, des moyens assez simples peuvent permettre de les limiter sensiblement.

Je ne ferai que citer en passant des cas encore plus sévères auxquels des architectes et des décorateurs peuvent être amenés à s'intéresser, ceux des paquebots, et, à fortiori des avions.

M. l'ingénieur VARLAN nous a, tout à l'heure, parlé de l'Italie. Il y a beaucoup de pays où il n'y a pas de réglementation beaucoup plus solide que la nôtre; même en Angleterre où les Commissions techniques ont survécu à la guerre et ont été constamment en lutte. Bien des pays n'ont pas, à ma connaissance, édicté de règles extrêmement précises et tellement applicables. Et, en ce qui concerne l'ignifugation, si le mot et la chose sont extrêmement anciens, en réalité cette technique ou ces techniques ont donné lieu seulement depuis quelques années à des études et à des réalisations sérieuses.

Or, il n'est possible d'employer des solutions que dans la mesure où elles sont concrètes et économiquement applicables. Aux États-Unis, il y a fort longtemps qu'il existe des règles qui ont été établies, mais il n'y a pas de réglementations nationales.

M. PINCZON est allé aux États-Unis il n'y a pas très longtemps. Je dois les documents qu'il a rapportés à l'amabilité de M. BOUTILLIER, Président du Groupement technique français de l'ignifugation. S'il n'y a pas aux États-Unis d'organisation nationale, par contre, il y a des règles variées qui se rapportent toutes à peu près aux mêmes lois édictées dans différents États et dans différentes villes.

La plus importante, naturellement, est New-York qui a créé un « building-code ». Certains édifices, très particuliers, doivent être « fire-proof », ce qui veut dire : « protégés du feu », ininflammables. Et encore on explique ce que cela veut dire : combustion lente, pas de propagation de flammes de façon qu'en cas d'incendie on ait tout le loisir d'attendre l'arrivée des secours.

Les constructions métalliques ne sont pas « fire-proof », c'est-à-dire qu'entre 350 et 400° la résistance du fer à la traction et à la compression décroît brusquement d'une façon extrêmement importante. Si un sinistre se déclare dans un immeuble où les étages inférieurs ont une ossature métallique on voit tout de suite, même si ces ossatures sont portées à une température qui n'est pas tellement élevée, que la résistance de l'immeuble peut se trouver brusquement diminuée de façon dangereuse; il peut y avoir des éboulements, des effondrements, l'incendie immédiatement gagne en ravages, avec tout ce que cela comporte.

Il est nécessaire, dans ce cas, d'enrober le métal dans des matières qui soient « fire-proof ». Cet enrobement du métal par de telles matières a été aussi en partie codifié par les Américains. Il y a, dans certains cas, un procédé qui est très simple mais qui est relativement coûteux et pas tellement facile à mettre en œuvre. Il faut tenir compte que ce code américain date de pas mal d'années. Il a été créé en 1916 et il a été remis à jour en 1930. Depuis, les techniques d'ignifugation ont fait de grands progrès.

A ce moment-là, on a préconisé, pour protéger les charpentes métalliques, de les entourer dans une espèce de grillage, que vous connaissez certainement sous le nom de « métal déployé », c'est-à-dire des grands treillis en forme de losange qui permettent de faire une espèce de

coffrage qu'on garnit de plâtre et d'amiante, mais il est nécessaire d'atteindre des épaisseurs assez importantes qui varient entre 12 et 20 cm, suivant les endroits.

De nos jours, il y a d'autres matériaux, d'autres moyens. Le bois ignifugé est également autorisé dans certains cas par les Américains. Vous connaissez certainement l'ignifugation du bois; elle peut se faire de différentes façons. A cette époque, on ne connaissait guère, ou on n'employait guère aux États-Unis que le bois ignifugé à cœur; c'est-à-dire que le bois était traité sous pression. Cette pression varie suivant les procédés. On y injecte des liquides ignifuges et chaque constructeur garde, naturellement, secrète sa formule.

La pression est très variable, suivant les méthodes; elle varie de 18 à 85 kg/cm². Les billes ou les planches de bois sont enfournées dans une espèce d'immense autoclave; on fait le vide dans cet autoclave, un vide assez poussé de façon à évacuer au maximum l'air qui peut trouver son chemin dans la porosité du bois, évacuer l'humidité, ainsi que certains gaz occlus. Ensuite, on fait entrer le liquide d'imprégnation et, à l'aide d'une pompe, on comprime ce liquide à la pression désirée.

Il s'agit d'un traitement coûteux. On peut admettre que, dans des conditions analogues, grossièrement le prix de ce bois double au moins, ce qui est une dépense importante.

Il est intéressant, en passant, de se rendre compte des espèces de bois qui peuvent subir ainsi ces traitements. Il est bien évident que plus le bois est poreux, plus il sera facile de l'ignifuger et inversement.

Par exemple, le pin blanc, le châtaignier, le peuplier, le tilleul, l'érable, le hêtre, le bouleau, l'orme, le chêne rouge à grain tendre, sont relativement faciles à imprégner.

Le cèdre, l'acajou, le cyprès, le noyer, le chêne rouge ordinaire sont un peu plus difficiles.

L'imprégnation du pitchpin, du bois de teck, du cèdre rouge aromatique est très incertaine.

Enfin, le chêne blanc, le gayac, l'ébène, l'hickory ont, jusqu'à présent, été réfractaires à tout traitement de ce genre.

Je sais que de nombreux architectes pensent que la protection du bois compte avant tout dans l'emploi des bois imprégnés. Eh bien, outre que l'efficacité de cette ignifugation n'est pas toujours celle que l'on attend, le prix de revient d'une part, et l'augmentation considérable du poids qui en résulte, d'autre part, sont souvent un obstacle.

Il n'y a encore aucune règle obligatoire aux États-Unis pour l'inflammabilité des meubles, des tapis, des rideaux, etc... Il semblerait que les décrets français, tout au moins sur les foires, expositions, salles de spectacle, etc..., soient en avance sur eux, sauf erreur, d'après les informations que j'ai pu recueillir.

Actuellement, en France, il est devenu très facile d'ignifuger des tissus, des papiers, des tentures, des cloisons, des murs.

Il faut ici que j'attire votre attention sur une question de mots qui a une grosse importance, c'est la différence entre l'incendie et l'ignifugation. Il ne suffit pas qu'un revêtement, qu'une peinture soient ininflammables par elles-mêmes pour qu'elle soit ignifuge. L'ignifugation est un traitement qui confère au matériau qui en est l'objet la propriété de ne plus conduire facilement la flamme, de résister pendant un temps assez long à toute possibilité d'inflammation de façon que tout foyer

d'incendie qui se manifesterait dans son voisinage n'ait aucune possibilité de prendre et de s'étendre.

Un matériau peut être parfaitement ininflammable par lui-même et, sous l'influence du feu, se craquer, se décoller, ou bien n'offrir qu'une pellicule trop mince de protection et ne pas empêcher l'incendie de gagner le matériau supposé protégé et qui se trouve par derrière.

Si je me suis un peu étendu sur l'imprégnation du bois, imprégnation assez coûteuse, c'est parce que, maintenant, on a la possibilité de rendre le bois pratiquement ignifugé et cela sans nuire à son aspect; de même que l'on peut ignifuger des tissus ou des papiers décorés sans que les broderies, les ors, ou tous ornements délicats de ce genre soient altérés, sans que la décoration des moulures soit gênée d'une façon générale, en un mot, sans que cette ignifugation soit visible.

Nous avons rassemblé ici quelques matériaux ainsi traités de façon à vous faire voir ce qu'on peut obtenir avec certains produits réputés extrêmement inflammables; nous allons vous faire des expériences qui, j'espère, ne mettront pas en péril la sécurité de cette salle, et qui vont illustrer la question.

(Les expériences sont réalisées avec du papier non traité et du papier traité)

UN ASSISTANT. — Quel est le produit qui a traité ce papier?

M. SAMUEL. — C'est un vernis ignifuge que l'on trouve dans le commerce, chaque maison a sa formule.

Même démonstration avec un morceau de toile traitée et non traitée.

Il y a différentes firmes productrices et, à la fin de cette conférence, je vous indiquerai comment ces substances ont été normalisées.

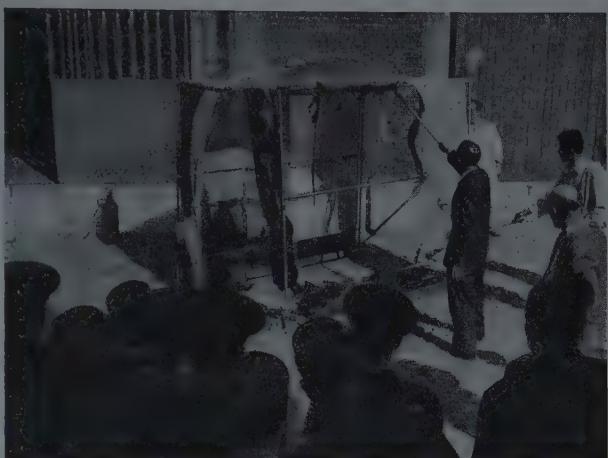


FIG. 1. — Toutes les parties non ignifugées sont détruites et un nouvel essai pour enflammer les tissus s'est révélé sans résultat.

UN ASSISTANT. — Quel est le procédé de protection?

M. SAMUEL. — La toile est trempée ou aspergée d'un liquide ignifugeant à base d'eau, facile à employer par tout le monde.

Même démonstration avec de la paille traitée avec solution ignifugeante.

UN ASSISTANT. — Quelle est la durée de protection de ces vernis? Elle est longue?

M. SAMUEL. — Il y a plusieurs cas. S'ils sont exposés aux intempéries, la durée de protection n'est pas longue



Il est à noter pour toutes ces expériences que la maison est construite en bois ignifugé et non ignifugé, que la toiture est en paille ignifugée et non ignifugée et que les deux éléments restent intacts.

Fig. 2. — Maisonnette construite en bois ignifugé et non ignifugé, pendant le développement du feu.



La même maison vers la fin de l'incendie.



FIG. 4. — Les cloisons ignifugées sont intactes et malgré la vigueur des flammes il est parfaitement possible de se trouver à l'intérieur.

car le produit est soluble dans l'eau. A l'abri des intempéries, s'il n'y a pas manipulation, la protection est extrêmement longue; s'il y a manipulation, il faut renouveler pratiquement tous les ans, ou tous les deux ans, parce qu'on risque d'avoir des produits d'imprégnation qui ne soient plus efficaces.

On va même sortir des matières plastiques ininflammables. Voilà des nappes plastifiées et ignifugées ayant gardées toute leur souplesse.

UN ASSISTANT. — Peut-on également traiter le nylon?

M. SAMUEL. — Oui, on est en train de le faire, on arrive à l'ignifugier.

L'ASSISTANT. — C'est bien ! moi qui brûle toutes mes chemises en nylon avec mes cigarettes !

M. SAMUEL. — On arrivera à empêcher la propagation de la flamme, mais on n'empêchera pas le nylon de carboniser sous la cigarette, c'est différent !

Voici d'autres matériaux solides qui peuvent servir à la décoration, ceux-ci sont à base de plexiglass. On sait que le plexiglass est un produit qui brûle bien. Ceci est un matériau rigide, complètement ininflammable. Dans d'autres domaines il y a des réalisations analogues.

UN ASSISTANT. — Comment s'appelle le produit ?

M. SAMUEL. — Il porte le nom de matière plastique ininflammable.

Expérience sur un fragment de nappe en chlorure de vinyle.

UN ASSISTANT. — L'ignifugation est-elle obtenue par imprégnation ?

M. SAMUEL. — Non, le produit est traité en cours de fabrication.

Je vous ai cité ces exemples pour vous montrer que les progrès actuels permettent, dans de nombreux cas, d'utiliser des matériaux qui, directement, répondent à la demande sans que le prix de ces matériaux soit sensiblement plus élevé que celui des matériaux inflammables.

Tout à l'heure nous avons parlé de l'ignifugation des bois. Actuellement, l'on sait faire des traitements superficiels du bois sous forme de peinture ou d'enduit, qui permettent pratiquement de classer le bois ainsi traité comme matériau difficilement inflammable suivant la norme imposée par les pouvoirs publics. Ces peintures, ces enduits ignifugés s'appliquent exactement comme les peintures et les enduits ordinaires.

Je ne vous dirai pas qu'en l'état actuel des choses, ils aient tous les mêmes possibilités décoratives que les autres peintures et vernis. On n'a pas, pour l'instant, des peintures laquées aussi tenaces aux intempéries qu'on peut les avoir avec des peintures classiques à base d'éther de la cellulose, à base de glycéropthaliques ou autres, mais toute la gamme des peintures déjà réalisées apporte des protections extrêmement efficaces et qui peuvent déjà supporter des décos dans les teintes les plus variées.

Differentes maisons, à l'heure actuelle, ont mis à l'étude le perfectionnement esthétique de ces peintures et vernis, et je peux vous annoncer qu'à très brève échéance les peintures et vernis ignifugés pourront résoudre à peu près tous les problèmes de décos que l'on résout avec les autres peintures.

D'ores et déjà ils sont employables dans un grand nombre de cas, ils sont susceptibles de très jolies teintes et si on le désire de granités. Les matériaux sur lesquels ils sont appliqués (ce sont surtout des peintures pour le bois) ont des qualités ignifugées indiscutables.

Je vous indiquerai à la fin de cette causerie comment vous pourrez trouver les divers fabricants et comment ils sont contrôlés.

On se trouve là, devant des phénomènes un peu mystérieux en apparence. Comment une simple peinture peut-elle, dans certains cas, empêcher le bois de brûler et, dans d'autres cas, ne pas l'en empêcher ? J'ai apporté ici un des appareils, dont je vous dirai un mot dans un instant, qui servent au contrôle de l'ignifugation du bois.

Ces peintures permettent de conférer au bois des résistances au feu contrôlées par des moyens officiels, et qui sont vraiment surprenantes.

Sans entrer dans de très grands détails techniques, on peut se poser la question : comment agit un ignifugeant ?

On peut, techniquement, déterminer quatre modes d'action :

Un produit peut être ignifugé d'abord parce qu'il retarde la transmission de la chaleur provenant de la source d'incendie vers le matériau qu'il protège. C'est le cas, par exemple, de telle peinture en matière réfractaire adhérente, ayant un faible coefficient de conductibilité thermique. C'est également le cas des peintures qui possèdent un pouvoir réflecteur vis-à-vis des rayons calorifiques et des substances dont la présence abaisse la température de carbonisation du bois car il se forme alors, en surface, une couche de charbon de bois qui est isolante.

Le deuxième mode d'action à déterminer est celui qui tend à abaisser la température de l'objet qu'on veut protéger par absorption de calories, pour des raisons d'ordre chimique ou physico-chimique, par exemple par élimination d'eau de cristallisation, ou d'eau retenue par hygroscopicité des enduits qu'on a déposés sur le bois.

Il peut y avoir encore une grande absorption de calories par décomposition des produits ignifugeants eux-mêmes.

Le troisième mode d'action est la dilution des gaz inflammables qui naissent dans la pyrogénération du bois ou du matériau, dilution de ces gaz par des gaz inertes qui sont issus de l'ignifuge lui-même ; gaz inertes qui peuvent être de la vapeur d'eau, du gaz ammoniac, de l'anhydride carbonique, de l'azote, etc...

Le quatrième mode d'action est clair, des ignifugeants donnant, sous l'action de la chaleur, des matières fusibles qui recouvrent alors le matériau qu'on veut protéger d'une couche continue, qui empêchent des craquelures, l'inflammation des gaz nés de la pyrogénération, et de ce fait, la propagation de l'incendie.

De tels matériaux, quelquefois, sont susceptibles de foisonner, d'augmenter d'épaisseur d'une façon assez importante avec la chaleur, rendant ainsi cette couche à peu près incombustible. Pratiquement, on ne se trouve jamais devant un de ces quatre cas spécifiquement établis, cette classification est un moyen didactique d'étude des phénomènes, mais en général, on se trouve en présence de plusieurs modes de protection simultanés.

Il ne faut pas confondre, non plus, la substance ignifugée et le traitement ignifuge. Dans le cas qui nous

occupe, il s'agit d'un dépôt à la surface des substances à ignifuger, et non d'une imprégnation à cœur, comme on l'a vu tout à l'heure, procédé employé seulement pour des cas spéciaux, parce que trop onéreux et trop lourd.

Un grand nombre de corps minéraux sont ininflammables, souvent même ils sont incombustibles, mais il y en a fort peu d'utilisables pour la protection. Le mécanisme de cette action, que je me suis efforcé d'analyser il y a un instant, est encore assez mal connu. On commence seulement à percevoir des lois précises et dans certains cas particuliers on peut même mettre en équation les réactions chimiques qui se passent, mais les phénomènes sont complexes.

Dans le monde entier, différents centres de recherches et quelquefois même des universités, étudient actuellement ces mécanismes, en prenant à la source l'action d'un élément nettement déterminé dans la composition de la molécule des ignifuges. Par exemple, à l'université de Louvain, il y a tout un laboratoire, sous la direction d'un des maîtres de l'université, qui s'occupe essentiellement d'étudier le mécanisme de la combustion, mais appliquée d'abord à des cas très simples, telle que la combustion d'oxyde de carbone, de carbone, de méthane. Vous connaissez tous l'oxyde de carbone, CO; le carbone, C; le méthane CH₄. Dans ce cas, ils se sont efforcés de chercher quelle était l'action retardatrice de la combustion et d'essayer de déterminer le mécanisme physico-chimique de cette action retardatrice.

D'abord, on s'est aperçu qu'on se trouvait en présence de réactions en chaîne. L'expression a été un peu vulgarisée dans le domaine nucléaire, mais ici il s'agit quand même de réactions en chaîne, en cascade. Et on s'est aperçu que parmi les groupements chimiques il y avait un chaînon qui était particulièrement propagateur de la flamme : le groupement hydroxyle; c'est un groupement qui n'existe pas à l'état libre, qui est monovalent et se trouve dans beaucoup de molécules organiques.

Par contre, et ceci est observé depuis fort longtemps, les halogènes, le fluor, le chlore, le brome et l'iode sont des inhibiteurs marqués de la flamme et de la combustion.

Et on est amené maintenant à penser que le mode d'action est le suivant : ces halogènes neutralisent l'hydroxyle OH. Voici en résumé le mécanisme de cet effet inhibiteur tel que le professeur HELLINCKX et ses assistants l'ont étudié à l'université de Louvain :

On admet en général que la combustion du carbone aboutit à la formation d'anhydride carbonique CO₂.

Il se fait d'abord de l'oxyde de carbone CO qui s'oxyde ultérieurement en CO₂. La vitesse de cette seconde réaction plus grande que celle de la première, la masque.

En envoyant un courant d'oxygène sur du graphite maintenu à 1 000° les gaz refroidis brusquement ont la composition suivante :

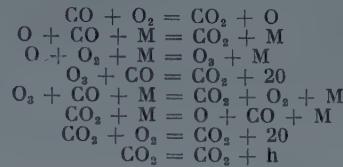
CO ₂	81,4 %
CO	18,2 %
O ₂	0,4 %

en présence d'un inhibiteur chloré on a au contraire :

CO ₂	9,2 %
CO	90,6 %
O ₂	0,2 %

La présence de phosphates se manifeste autrement. Ils libèrent de l'acide phosphorique PO₄H₃ qui provoquerait le charbonnement de la matière organique en

dégageant surtout du CO₂ et de l'eau. Or le mécanisme compliqué de la combustion du CO tel que des études poussées récentes semblent l'établir, se ferait par la série de réactions en chaîne suivante :

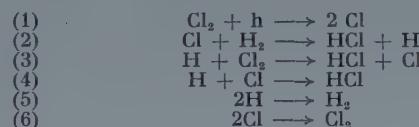


ici M = toute autre molécule présente et h est un quantum d'énergie.

Ces mécanismes compliqués s'imposent car toute réaction chimique s'accompagne de mise en jeu de deux sortes d'énergie : la chaleur de réaction et l'énergie d'activation.

Des molécules se trouvent portées à un potentiel énergétique très élevé et lors de chocs résultant de l'agitation moléculaire peuvent céder une partie de cette énergie à d'autres molécules, leur donnant ainsi une énergie d'activation les mettant à même de déclencher une nouvelle réaction. D'où l'existence de ces réactions en chaînes.

Or dès 1918, NERNST a établi en ce qui concerne les halogènes la série de réactions en chaîne suivante dont la source d'activation dans ce cas isolé est la lumière :



h est ici un quantum d'énergie apporté par un photon de lumière. La réaction 1 est la première, les réactions 2 et 3 se produisent un certain nombre de fois et constituent la chaîne, les réactions 4, 5 et 6 sont des réactions finales par rupture de la chaîne.

Dans les réactions de combustion il y a aussi toujours existence ou production d'eau, ce qui complique encore énormément l'analyse des phénomènes. Par dissociation partielle il y a formation d'hydrogène moléculaire et aussi d'hydrogène atomique activé. L'absorption dans la chaîne ci-dessus d'un quantum d'énergie explique le freinage de la réaction d'oxydation du CO en enlevant l'énergie d'activation nécessaire, d'où destruction sans reformation des centres propagateurs des réactions au chaîne H ou d'après HELLINCKX H₂O et plus encore OH (par d'autres réactions en chaînes).

Ce rapide exposé montre la très grande complexité de ces phénomènes et la difficulté d'en donner une explication scientifique. Nous verrons plus loin qu'il y a encore d'autres facteurs déterminants.

Remarquons en passant que le mécanisme d'action des extincteurs est différent et n'est pas valable en ignifugation, tout au moins pas sous la forme très simple utilisée dans les appareils : par exemple, la création d'un gaz asphyxiant la flamme en la privant d'air, par des mousses ou par l'anhydride carbonique, ou par de l'eau mouillée ou mettant en jeu des substances gazéifiées permettant d'éteindre la flamme, parce que ces substances sont en quantités massives par rapport au foyer. Jamais un produit ignifuge, qui nécessairement sera mis en petite quantité sur le matériau, ne pourra déployer la même quantité de mousse, de gaz, ou de produit extincteur.

J'ai parlé d' « eau mouillée ». Je suppose que cette expression est maintenant familière à tout le monde. On sait que la chimie moderne a réalisé un certain nombre de corps qu'on appelle des « mouillants », qui par leur formule chimique particulière ont pour effet d'augmenter, en quelque sorte, le contact interne entre deux liquides ou entre un liquide et un corps solide, en particulier entre l'eau et certains corps solides et, naturellement, lorsqu'on met des mouillants dans de l'eau, elle acquiert ainsi une possibilité de mouiller et de s'infiltrer à travers tous les orifices qu'elle peut trouver, sa pénétration est ainsi infiniment plus grande que si elle n'a pas de mouillant; d'où cette expression d'eau mouillée.

De même n'est guère utilisable ici le mécanisme des substances extinctorices qui opèrent par abaissement brutal de la température, par une évaporation rapide (l'évaporation produit du froid), ou la brusque détente de gaz que l'on a normalement sous pression, et dont la gazéification instantanée produit un froid très important.

Là encore, pourquoi le chlorure de méthyle a-t-il une action privilégiée, le bromure encore plus? Elle est double parce que d'une part, il y a une quantité massive de produit qui se gazéifie extrêmement vite en produisant une absorption de calories très importante; et parce qu'il y a en même temps présence d'halogènes dont l'action retardatrice et inhibitrice a été exposée plus haut.

Il est toujours délicat de citer ses propres travaux, mais, j'ai eu l'occasion moi-même dans des études récentes, qui n'ont pas encore été publiées, de montrer que le mode d'action des corps inhibiteurs était profondément différent suivant que ces substances étaient simplement présentes ou, au contraire, fixées par adsorption ou par formation d'une combinaison complexe ou d'addition avec le matériau à protéger.

Autrement dit, si l'on peut réaliser une combinaison à l'échelon molécule ou macro-molécule avec le matériau par adsorption physico-chimique ou par liaison chimique fût-elle simplement par covalence sans échange d'électrons périphériques d'un produit ayant un effet inhibiteur, l'action inhibitrice est considérablement renforcée.

Il y a une certaine analogie avec ce que l'on constate dans la réalisation de médicaments : quand on arrive à fixer dans une même molécule des groupes chimiques ayant telle action connue sur l'organisme, leur effet se trouve exalté. Ces phénomènes s'apparentent aux actions de synergie. Ce qui précède m'amène à parler du cas des textiles. Il est certain que la technique d'imprégnation des textiles joue un rôle important quant au résultat. Lorsqu'on désire simplement ignifuger un textile de façon à obtenir un effet massif indiscutable, mais qui reste vulnérable à l'eau, (lorsqu'il n'est pas susceptible d'être soumis aux intempéries), rien n'est plus simple : des solutions ignifuges sont très facilement employées par projection, au pistolet, au pinceau, ou par trempage. Mais si l'on doit, au contraire, avoir une protection durable, une protection qui ne s'en aille pas à l'eau, une protection qui résiste à toutes sortes de traitements, alors il est indispensable de penser à la fixation solide par adsorption sur la fibre. Il est nécessaire, à ce moment-là, de tenir compte de phénomènes électriques assez compliqués au niveau de la molécule et de reconnaître quelle est la polarité de la fibre du textile, et quelquefois, par des traitements appropriés, d'inverser cette polarité pour qu'elle ait une affinité électrique plus grande avec le matériau que l'on se propose d'y fixer suivant le but que l'on désire atteindre.

Par exemple, voici le cas particulier d'un filet de camouflage; il a la même apparence que les autres filets de camouflage. En réalité, il a été traité de telle façon (c'est un important problème que nous avons eu à résoudre pour une armée alliée) que même après vingt ou trente heures d'immersion dans l'eau courante et de séchage, il est resté parfaitement ininflammable. Mais ces qualités particulières doivent persister après immersion prolongée. Là, le problème est un peu différent.

Il est évident que la contexture du matériau à ignifuger joue un très grand rôle, car suivant qu'il emprisonne plus ou moins d'air, il est plus ou moins difficile à ignifuger. Le cas de ce filet a été particulièrement épiqueux, parce que la ficelle de chanvre se comporte comme une véritable mèche et, par conséquent, il y a au sein même de la ficelle tout ce qu'il faut pour activer la combustion.

Prenons un autre exemple qui fera mieux comprendre la complexité du phénomène. Si vous prenez de l'aluminium, ou mieux du magnésium en poudre, vous savez combien ces matières sont facilement inflammables; la déflagration est quasi instantanée pour du magnésium. Maintenant, prenez un barreau de magnésium, vous pourrez l'approcher d'une flamme, il ne prendra pas feu. L'oxydation est extrêmement différente. Nous nous trouvons pourtant en présence de la même substance, mais c'est une question de cohésion et de présence d'air de façon intime.

Autre exemple infiniment simple : de la sciure de bois ou des copeaux de bois, sont extrêmement faciles à enflammer; un billot de bois est beaucoup plus difficile à enflammer.

Et encore l'exemple du fer : tout le monde a entendu parler du fer pyrophorique. C'est une forme de fer qui est en poudre extraordinairement fine, à l'échelon colloïdal du millième de millimètre comme grosseur de grain, et qui prend feu spontanément à l'air. Or, tout le monde sait qu'une barre de fer ne prend pas feu.

C'est pour ces raisons-là que certaines poudres organiques, telles que des farines, doivent à leur extrême ténuité et à leur très grande surface de contact avec l'air (que l'on peut calculer) de constituer parfois un danger, parce que, sous l'influence d'une fermentation ou d'un échauffement quelconque, un incendie peut se déclarer.

Par conséquent, la première condition pour que des substances soient ignifuges est que, par leur constitution, elles soient suffisamment oxygénées par elles-mêmes pour n'être ni combustibles, ni comburantes, ni suroxygénées pour ne pas favoriser la combustion des autres substances.

Les corps halogénés, bien entendu, eux n'ont pas besoin d'être oxydés, mais il s'agit là d'un cas particulier qui a été étudié plus haut.

Il y a d'autres facteurs qui interviennent : la chaleur, le temps de fusion, la vaporisation, etc... C'est un exposé des faits assez rapide pour montrer la complexité de ce problème. Il y a, heureusement, quelques résultats scientifiques qui permettent de jalonner cette route où l'empirisme jusqu'à présent, a été le principal moyen d'exploration.

Une remarque, par exemple, qui illustre la complexité scientifique de la question : un corps organique un textile, un bois, etc., est en principe composé d'atomes de carbone, d'oxygène (je parle de la molécule), d'hydrogène, parfois d'azote. S'il se décompose sous l'action

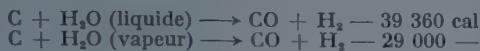
de la chaleur en carbone C, plus de l'eau H₂O, les conditions d'inflammabilité sont extrêmement différentes de celles qu'on obtient si la décomposition se produit en oxyde de carbone et hydrogène (CO et H₂).

Si on produit du carbone et de l'eau, on se trouve en présence de produits de décomposition relativement peu inflammables; si au contraire on se trouve en présence d'oxyde de carbone et d'hydrogène, on se trouve en présence de corps éminemment inflammables, et les deux types de décomposition peuvent se produire à partir du même matériau.

Là, l'ignifuge peut intervenir, également pour d'autres raisons plus délicates à entrevoir, en quelque sorte pour catalyser une de ces réactions ou, au contraire, inhiber l'autre.

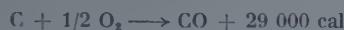
Cela peut expliquer le rôle de certains oxydes métalliques; les oxydes entre autres propriétés, peuvent être de très bons catalyseurs.

La production du gaz à l'eau (qui se produit par l'intervention de l'eau occluse ou formée lors d'une combustion) est très endothermique :



Ceci explique d'ailleurs le pouvoir extincteur de l'eau.

Au contraire :



et :



Ceci montre encore le gros intérêt qu'il y a en ignifugation à empêcher au maximum la formation du CO₂.

La réaction d'équilibre de la combustion du CO en présence d'eau est la suivante :



Or :

à 400° il y a 6 % du premier terme de cet équilibre et 94 % du second				
500° — 14 %	—	—	—	86 %
600° — 24 %	—	—	—	76 %
800° — 47 %	—	—	—	53 %
1 000° — 62 %	—	—	—	38 %

Il est évident qu'en ignifugation il y intérêt à :

- Absorber le maximum de calories;
- Éviter les réactions les plus exothermiques;
- Maintenir la température des matériaux soumis aux flammes à une température aussi basse que possible en attendant l'extinction.

Nous voyons ainsi à la lumière de tout ce qui précède se former les conditions scientifiques d'un ignifuge efficace.

1^o Former un enduit ininflammable sans fissures formant écran.

2^o Avoir des inhibiteurs de combustion pour favoriser le blocage de la combustion de l'oxyde de carbone formé.

3^o Avoir des catalyseurs appropriés pour changer les conditions de la réaction d'équilibre ci-dessus pour former du CO à basse température.

4^o Adjoindre autant que possible des produits mauvais conducteurs de la chaleur ou de structure physique équivalente et des produits à forte chaleur de fusion ou d'évaporation pour abaisser la température.

Pour toutes ces raisons vous devez commencer à comprendre qu'il ne suffit pas de passer une peinture ne brûlant pas par elle-même. Il ne faut pas croire qu'il suffit de passer du silicate de soude sur une paroi pour que cette paroi soit ignifugée. En réalité, les peintures ignifuges sont, lorsqu'elles ont été convenablement réalisées, des produits assez complexes qui doivent satisfaire à toutes les nécessités que nous nous sommes efforcés de décrire. Je n'irai pas, en conclusion, vous faire une liste sèche de substances utilisables, parce qu'elle serait au fond sans intérêt. Une énumération est toujours une chose rébarbative.

Il est quelquefois nécessaire de passer par des formes micro-cristallines qui ont une adhérence particulière, du fait de cette constitution physique, aux textiles ou aux bois. Il est également nécessaire que les solutions ignifugeantes, lorsqu'il s'agit de décos, n'apportent aucune altération aux teintes, aux ors, aux broderies, et autres ornements précieux. C'est une des servitudes auxquelles les fabricants doivent faire extrêmement attention.

En résumé, la préparation des ignifugeants n'est pas n'importe quoi. C'est une technique et une technique compliquée. Mais les produits eux, par contre, sont très faciles à appliquer et dans de nombreux cas, il n'est pas nécessaire d'être spécialiste, il suffit d'avoir un peu de pratique et d'apporter un peu de soin.

Les mauvaises préparations ont eu des conséquences graves, parce que beaucoup de personnes ont été amenées à douter de l'efficacité des ignifugeants.

Je vous parlerai rapidement de certains cas où l'on peut associer à un traitement ignifugeant, un traitement fongicide ou un traitement insecticide. Parfois, notamment dans les endroits très humides, ou aux colonies, où les moisissures sont des ennemis extrêmement redoutables, on peut associer dans le même traitement, le traitement ignifuge et le traitement fongicide, voir même insecticide. Cela sort du cadre de cette causerie.

Des contrôles d'efficacité ont été mis au point et sont codifiés par des arrêtés du Ministère de l'Intérieur. Il y a, dans différents laboratoires, en particulier le Laboratoire Municipal de Paris, des services spécialisés dans le contrôle de cette efficacité.

Vous avez ici deux de ces appareils officiels.

Le premier est un appareil métallique (fig. 5 et 6); il constitue une sorte de portique et est destiné au contrôle de l'ignifugation des textiles, d'une façon générale des produits en feuille, des produits souples. Les clous servent à piquer une feuille ayant les dimensions du rectangle. A la base il y a une coupelle dans laquelle on met une certaine quantité d'alcool à 96°, exactement 2 cm³. Au-dessus une toile métallique, avec une fente dont les cotes sont rigoureusement établies, de façon à laisser passer une flamme. Cette flamme va lécher la feuille par sa tranche; cette feuille est exposée de bas en haut de telle façon que la totalité de la flamme risque de provoquer des dégâts.

On attend, si le matériau va jusque là — car de nombreux matériaux sont détruits avant qu'on aille jusqu'au bout — que la totalité des 2 cm³ d'alcool soit brûlée. Ensuite on mesure la surface qui n'est pas détruite et, suivant cette surface, on classe le matériau dans telle ou telle catégorie.

S'il s'agit de bois, il existe un autre appareil (fig. 7, 8, 9). Les essais sont faits sur des planches de contre-plaqué enduites des peintures ou vernis à essayer, appliqués en une ou deux couches suivant les cas. Cette

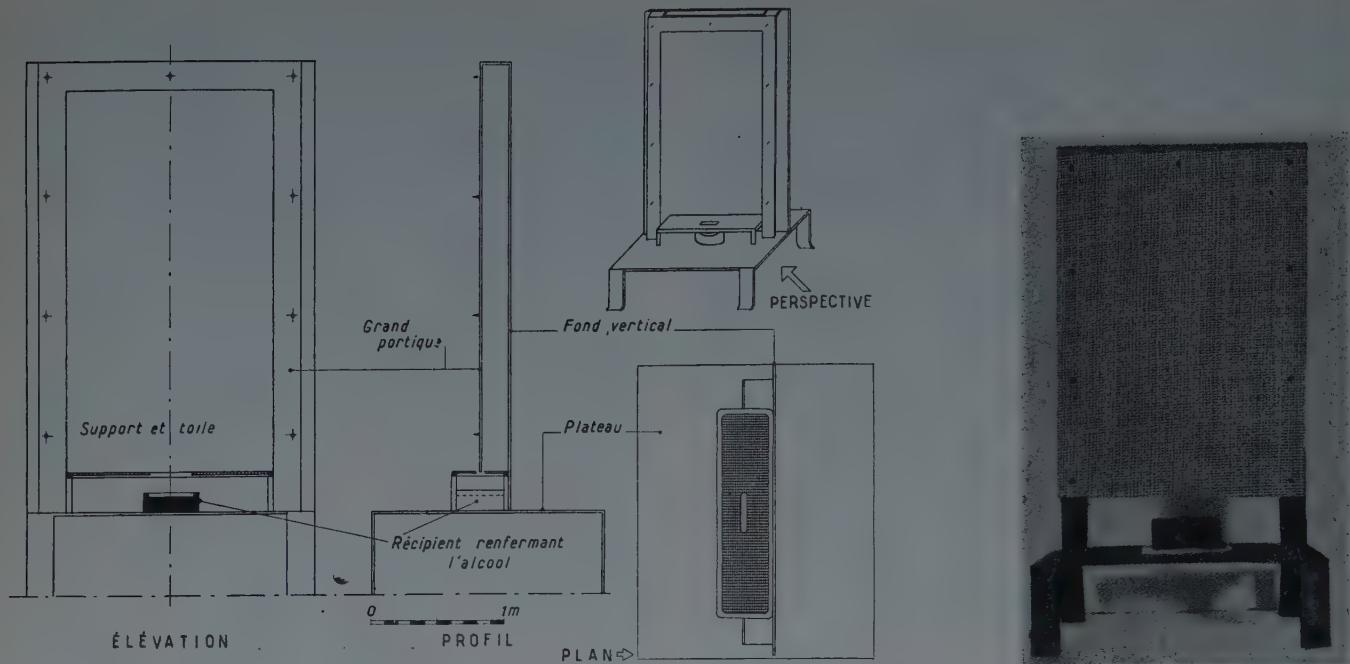
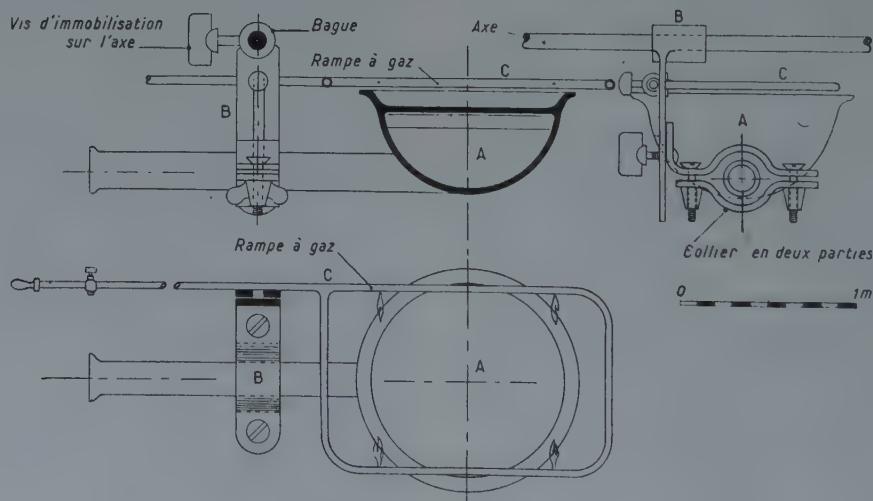


FIG. 5 et 6. — Appareil d'essai des tissus. Schéma et vue.

planche est posée sur l'appareil; en dessous il y a un épi radiateur; dans cet appareil il y a des fils résistants dans lesquels passe un courant électrique. Au bout de 20 mn la masse est portée au rouge et atteint une température qui est de l'ordre de 800°. On laisse la planche pendant un temps assez long soumise au rayonnement

très proche de cette source de chaleur relativement élevée. L'expérience dure 10 mn exactement. C'est très long 10 mn à côté d'un foyer porté ainsi à haute température.

Un dispositif fait lécher la plaquette par de petites flammes destinées à faire brûler les gaz inflammables sus-



A. Source de chaleur;
B. Support de la source de chaleur;
C. Rame à gaz à flammes témoins.

FIG. 7, 8 et 9. — Appareil d'essai pour l'ignifugation du bois.

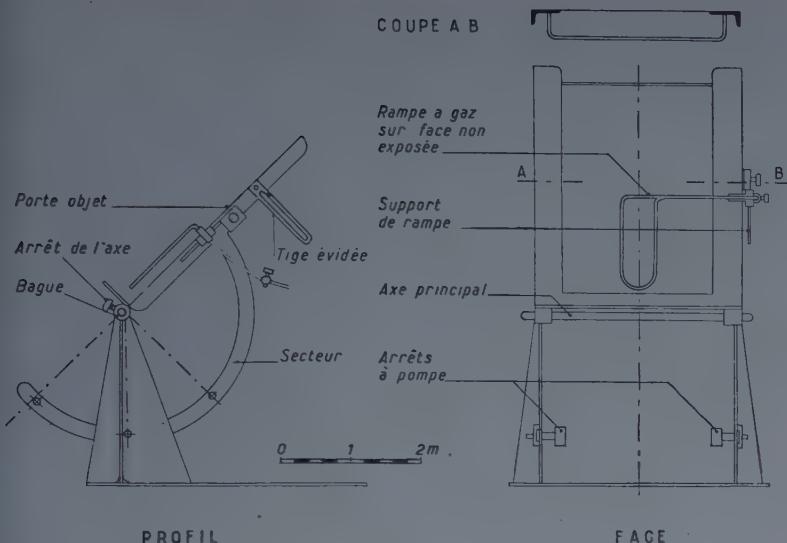


FIG. 8.

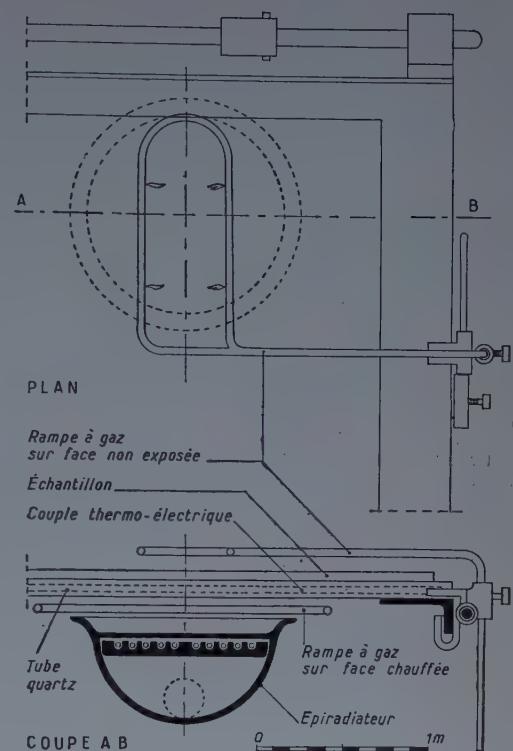


FIG. 9.

ceptibles de se dégager. A la suite de quoi on enlève le matériau, on note naturellement s'il y a propagation de la flamme. En réalité, elle doit s'éteindre instantanément.

Ensuite on mesure la surface détruite, ce qui permet de cataloguer le matériau.

Vous voyez donc que ces essais sont extrêmement précis et sévères.

Vous allez me dire : comment passer de cet exposé à une réalisation pratique? Il existe un groupement technique français de l'ignifugation, dont le Président, M. BOUTILLIER, a bien voulu honorer de sa présence cette modeste causerie. Le Groupement Technique Français de l'ignifugation est ouvert à tous les fabricants de produits ignifugeants, la seule obligation qui leur est faite est de se soumettre à des épreuves officielles au Laboratoire Municipal de Paris, faites suivant le Cahier des charges des arrêtés ministériels.

Ceux dont les produits commerciaux ont satisfait d'une façon excellente à ces épreuves reçoivent un label. Par conséquent, vous pouvez, en vous adressant au Groupement Technique Français de l'ignifugation avoir la liste de tous les fabricants de produits ignifugeants qui ont bien voulu se soumettre à un contrôle, et pour qui ce contrôle s'est révélé satisfaisant, ce qui vous permet d'utiliser des produits qui à coup sûr répondent aux normes des arrêtés ministériels et dégagent vos responsabilités, sous réserve naturellement d'avoir été convenablement employés.

Vous voyez donc qu'on peut, en général, aboutir avec

des prix de revient assez faibles, à une sécurité considérablement accrue eu égard aux dangers d'incendie.

Je crois que tout commande de s'engager dans cette voie. Les pouvoirs publics seront amenés à l'imposer de plus en plus; il faut prendre les devants. Il s'agit d'abord de sécurité pour les vies humaines, il s'agit aussi de sécurité pour les biens, en temps de paix comme en temps de guerre. On peut sauver des milliards, qui sont gaspillés actuellement, pour l'économie nationale.

On voit ici, une fois de plus, se manifester l'interdépendance de la science et de la technique. La chimie, en perfectionnant les matériaux de construction, a permis aux architectes et aux décorateurs des réalisations de plus en plus audacieuses. Elle leur a permis de modifier leurs habitudes d'esthétique, de créer des styles adaptés à l'ère de l'aérodynamisme. Et cette fois en permettant d'ajouter au confort et à l'agrément un sentiment accru et justifié de sécurité, vous resterez des constructeurs dans la tradition de ces bâtisseurs qui, à travers les siècles nous ont légué les plus importants témoignages des civilisations qui se sont succédé.

DISCUSSION

M. VARLAN. — On a déjà défini le bâtiment comme devant être un havre de grâce où l'individu peut retrouver son équilibre. Il est certain que, pour retrouver un équilibre, il faut aussi avoir une certaine sécurité et c'est ce que vient de nous exposer M. SAMUEL.

Les conférences de l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* sont suivies, habituellement, d'une discussion. Cette discussion a commencé un peu pendant la conférence elle-même, mais M. SAMUEL sera certainement très heureux de répondre aux questions que vous lui poserez.

UN ASSISTANT. — Il est assez ennuyeux, sous prétexte qu'on ne fait pas de publicité commerciale ici — et c'est assez normal tout de même —, de ne pouvoir prononcer le nom de certains produits et vous demander votre appréciation sur ces produits-là.

M. SAMUEL. — C'est délicat. Je préférerais, dans ce cas-là, que vous vous adressiez au Groupement Technique de l'Ignifugation, dont M. BOUTILLIER est le Président, pour demander si ces produits ont reçu l'investiture, ou non. M. BOUTILLIER est habilité à vous répondre par oui ou par non. Pour moi, il est plus délicat de vous dire : je pense que tel produit est meilleur que tel autre.

M. VARLAN. — M. BOUTILLIER, Président du Groupement Technique Français de l'Ignifugation (1) ne peut-il pas donner la liste des membres de la Chambre Syndicale?

M. SAMUEL. — Il peut donner la liste des membres qui ont reçu l'investiture officielle.

M. BOUTILLIER. — Je peux dire cela en quelques mots.

Comme M. SAMUEL vous l'a dit, nous avons fait passer au contrôle de la Préfecture de Police tous les ignifuges qui nous avaient été présentés et dont jusqu'alors nous avions les fabricants comme adhérents, à condition simplement que dans un laboratoire quelconque ils aient eu l'approbation concernant leurs produits.

Lorsque le règlement de septembre 1951 est paru, nous avons

(1) Groupement Technique Français de l'Ignifugation, 21 rue Henri-Rochefort, Paris (XVII^e), WAG. 68-10.

pensé que, là enfin, une méthode d'expérimentation absolument déterminée et qui aboutissait à une qualification « difficilement inflammable » étant mise au point, il était normal que nous fassions passer tous nos adhérents (cela s'est fait en deux étapes) devant ces épreuves. Nous l'avons fait pour les tissus, puis pour les peintures ou enduits. N'oublions pas que sur une trentaine de peintures, dont les fabricants faisaient partie de notre Groupement, il n'y en a que quinze ou seize qui ont résisté aux épreuves et ces produits-là ont le label, un label de dimension déterminée qui est accompagné d'un mode d'emploi précis qui doit se trouver sur tous les emballages livrés par l'industriel en question.

La deuxième partie de notre programme a été de mettre au point la question de l'applicateur, et nous avons, à Paris comme en province, ce que nous appelons les « applicateurs agréés », qui s'engagent à appliquer tous les produits à label dans les conditions strictes du mode d'emploi et ils sont habilités pour délivrer à leurs clients : propriétaires de stands, de magasins ou de cinémas, des certificats comportant eux aussi le label et précisant le travail qu'ils ont effectué.

Par conséquent, les Commissions de sécurité, en passant dans les expositions, en examinant l'état d'ignifugation d'un théâtre ont, par le certificat délivré par l'applicateur agréé, la certitude que telle ou telle partie a été traitée et bien traitée.

Nous considérons qu'avec ce moyen-là nous réalisons, dans l'ignifugation, une certitude de qualité qui, jusqu'alors, n'avait jamais été atteinte. C'est une sorte d'Ordre, si vous voulez, de notre profession, toutes proportions gardées naturellement, que nous avons ainsi créé.

J'ai ici cinq ou six listes qui sont à votre disposition pour la qualification des produits. Les produits mentionnés sur ces listes ont le label. Les applicateurs, il en arrive tous les jours, je n'ai pas de liste d'applicateurs agréés à votre disposition, mais le cas échéant, vous n'auriez qu'à les demander.

M. VARLAN. — Je remercie M. SAMUEL pour son intéressant exposé et aussi M. BOUTILLIER pour son intervention et je suis même très heureux de voir que ce groupement technique fait passer ses membres devant les laboratoires et exige des caractéristiques fort définies. Il y a certaines chambres syndicales qui pourraient profiter de votre expérience et surtout de l'exemple que vous donnez.

(Reproduction interdite.)

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1953

Sixième Année, N° 70.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (XL).

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 12 MAI 1953

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. MISSENARD.**

LES COMBUSTIBLES

Choix des combustibles et sources d'énergie.

Par **M. R. GIBLIN**, Ingénieur général des P. T. T.Choix de la qualité du combustible liquide
pour le chauffage des locaux.Par **M. P. FORTAIN**, Ingénieur civil des Mines.

Les gaz liquéfiés de pétrole, butane et propane.

Par **M. J. HARLÉ**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Évolution du chauffage domestique au charbon en France.

Par **M. M. PINET**, Ingénieur I. C. A. M.

JOURNÉES INTERNATIONALES DE CHAUFFAGE, VENTILATION, CONDITIONNEMENT DE L'AIR

11 - 12 - 13 mai 1953

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

Nous avons le très grand honneur d'accueillir aujourd'hui M. l'Ingénieur général GIBLIN. Il y a plus de trente ans que nous sommes liés par une collaboration et une amitié qui s'est transformée en une grande affection. Vous connaissez tous M. GIBLIN; sa position d'Ingénieur général de l'administration le place au-dessus de nos préoccupations commerciales et son indépendance d'esprit, bien connue, lui permet d'arbitrer avec compétence et autorité nos diverses tendances.

Aussi, lorsque j'ai dû, il y a quelques mois, participer à l'organisation du IV^e Congrès du Chauffage industriel, j'avais demandé à M. GIBLIN de traiter du choix des combustibles et des sources d'énergie. Il l'a fait avec la clarté et la maîtrise que vous allez apprécier. Comme les positions relatives des différentes sources d'énergie sont variables dans le temps et dans l'espace, le travail de M. GIBLIN est susceptible d'être adapté à toutes époques et dans les différents pays. La question étant de première importance dans l'économie nationale, sa conférence fera l'objet d'échanges de vues au cours desquelles je vous demande de faire abstraction de tout intérêt corporatif et personnel.

Je remercie M. GIBLIN d'avoir bien voulu reprendre dans cette enceinte sa conférence d'intérêt capital.

M. GIBLIN. — *Je suis confus des compliments que M. MISSENARD vient de me prodiguer; je me borne à y reconnaître la marque d'une sympathie très profonde. Comme il vient de vous le dire, j'ai déjà traité du choix des combustibles au IV^e Congrès de Chauffage industriel, en septembre dernier et ma communication avait alors pour but de tenter une synthèse des quatre études fort intéressantes présentées par différents spécialistes : M. CHARMELOT pour les combustibles solides ; M. BRUNET pour les combustibles liquides ; M. BERTIN pour les combustibles gazeux et M. VEDERE pour l'énergie électrique. Je vais essayer aujourd'hui de mettre en relief les différents principes qui me paraissent pouvoir intervenir dans une comparaison à priori des sources d'énergie, à priori c'est-à-dire en dehors de toute donnée expérimentale directe.*

Résumés.

CHOIX DES COMBUSTIBLES ET SOURCES D'ÉNERGIE

Après avoir défini les rendements aux différents stades de la transmission de chaleur, l'auteur rappelle brièvement les travaux français sur l'intermittence. Il cherche à préciser les ordres de grandeur des rendements pour différents types d'installations et s'attache particulièrement au rendement du réglage de l'émission dans le cas du chauffage intermittent. L'influence de la main-d'œuvre sur les frais annuels d'exploitation est examinée en fonction de la source d'énergie et de la puissance.

La comparaison économique des combustibles solide et liquide dans le cas des fortes puissances (1 million de kcal/h) est relativement facile.

La comparaison d'ensemble des diverses sortes de combustibles entre eux et avec l'énergie électrique a été limitée au cas des installations de faible puissance. Les intermittences extrêmes, favorables au gaz ou à l'électricité ont été envisagées.

Enfin la valeur et la portée des comparaisons économiques font l'objet d'un ensemble de remarques qui tendent à mettre en évidence certains éléments qui interviennent en pratique et ne peuvent être pris en compte dans les calculs.

CHOIX DE LA QUALITÉ DU COMBUSTIBLE LIQUIDE POUR LE CHAUFFAGE DES LOCAUX

Il n'apparaît pas qu'une solution définitive et absolue puisse être apportée au problème de la préconisation de la qualité du combustible liquide destiné au chauffage des locaux, en raison du nombre important de paramètres qui peut intervenir.

Une position de prudence consiste, en France, à choisir généralement, pour des installations judicieusement conçues et entretenues en vue de l'utilisation rationnelle du combustible choisi :

— Le fuel-oil domestique pour les petites puissances jusqu'à 80 000 kcal/h.

— Le fuel-oil léger pour les puissances allant jusqu'à 250 000 kcal/h.

— Le fuel-oil dans certaines installations plus importantes.

Les prix actuels des combustibles liquides peuvent, dans certains cas, justifier un glissement sur la qualité voisine plus visqueuse, à condition que le bénéfice résultant de l'achat du combustible compense de façon certaine les frais supplémentaires et nécessaires d'équipement et éventuellement d'entretien.

Summaries.

CHOICE OF FUELS AND ENERGY SOURCES

After defining the efficiency at different stages of heat transmission, the Author reviews briefly the French studies on intermittence. He endeavours to set the orders of magnitude for efficiency of different types of installations and deals particularly with the efficiency of the regulation of emission in the case of intermittent heating. The bearing of labor rates on the annual working costs is examined in terms of the source of energy and of the capacity.

The economic comparison of solid and liquid fuels in the case of high capacities (1 million of kcal/h) is relatively easy.

The comparison of all the different kinds of fuels with one another and with electrical energy has been limited to the case of low capacity plants. Extreme intermittences favoring gas or electricity are considered.

Finally, the value and the teachings of economic comparisons are discussed in a way which tends to clear up certain elements met with in practice, but which cannot be taken into account in calculations.

CHOICE OF THE QUALITY OF LIQUID FUEL FOR HEATING OF DWELLINGS

It does not seem as if a definite and absolute solution can be given to the problem of recommending the quality of liquid fuel for heating dwellings, because of the numerous parameters involved.

A prudent general attitude in France is to select, for judiciously designed and maintained plants, the following fuels for a rational use :

— Domestic fuel oil for small capacities up to 80 000 kcal/h.

— Light fuel oil for capacities up to 250 000 kcal/h.

— Fuel oil proper for certain larger plants.

The present prices of liquid fuels may, in some cases, justify the adoption of a more viscous quality, providing that the profit on the purchase compensates with certainty the additional necessary costs of equipment and possibly upkeep.

CHOIX DES COMBUSTIBLES ET SOURCES D'ÉNERGIE

Par R. GIBLIN,
Ingénieur Général des P. T. T.

Introduction.

J'ai eu l'occasion, au IV^e Congrès International du Chauffage Industriel en septembre 1952, de traiter [5] de la « Comparaison des sources d'énergie utilisées en chauffage central ». Ma communication constituait alors une tentative de synthèse d'un ensemble d'études présentées au cours du même congrès par différents spécialistes :

MM. M. CHARMELOT, pour les combustibles solides [1];
M. BRUNET, pour les combustibles liquides [2];
A. BERTIN, pour les combustibles gazeux [3];
E. VEDERE, pour l'énergie électrique [4].

M. MISSENARD a bien voulu me demander de reprendre ici le même thème; j'ai pensé pouvoir le faire sous une forme quelque peu renouvelée en ce sens que je me suis efforcé de mettre particulièrement en évidence les prin-

cipes qui doivent intervenir dans la comparaison des sources d'énergie. Je reprendrai cependant, à titre d'exemple, quelques-unes des données qui figurent dans mon premier exposé. Les numéros entre crochets renvoient à la bibliographie sommaire placée à la fin du présent texte.

Généralités.

I. — Le problème du chauffage.

Pour poser ce problème en toute généralité, il serait nécessaire de faire intervenir les différentes caractéristiques *d'ambiance* qui influent sur le confort *thermique* des occupants, ce qui conduirait à la considération des *températures résultantes* dont les définitions sont bien connues. Je me bornerai à admettre que l'on cherche simplement à réaliser, dans un local chauffé, une température *sèche* d'air donnée et en principe uniforme dans

Résumés.

LES GAZ LIQUÉFIÉS DE PÉTROLE, BUTANE ET PROPANE

Le conférencier situe la place respective du butane et du propane sur le marché financier des combustibles; le butane étant utilisé dans les petites installations domestiques et le propane étant réservé aux installations industrielles ou commerciales ainsi qu'aux installations domestiques importantes.

Passant sur le terrain économique, il souligne l'accroissement continu des ventes et établit une comparaison en poids et en calories consommées de ces combustibles par rapport à celles du gaz de ville et celles du charbon. Précisant les caractéristiques physico-chimiques des gaz liquéfiés, il souligne que les produits que l'on trouve dans le commerce ont souvent des caractéristiques différentes du fait que les fractions de distillation contiennent des proportions variables de divers hydrocarbures saturés et éthyéniques. Passant à leur utilisation, le conférencier indique sommairement les règles auxquelles sont soumis le stockage et l'installation des appareils. Il précise leur utilisation dans le chauffage des locaux, soit par radiateurs individuels, soit dans le chauffage central par l'eau chaude, par l'air chaud ou par rayonnement infra-rouge. Il donne des aperçus sur le chauffage des grands locaux et sur les chauffages localisés.

ÉVOLUTION DU CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU CHARBON EN FRANCE

Le conférencier indique l'évolution, en France, des possibilités de l'emploi des combustibles solides dans le chauffage domestique et signale que si les pourcentages de charbon extrait en France sont en augmentation, il y a par rapport à l'avant-guerre, une modification profonde de la répartition de ce tonnage en « qualité ».

Les problèmes particuliers qui en résultent sont résolus en partie par les dispositifs automatiques d'alimentation et d'extraction. Le conférencier souligne les avantages que présentent les combustibles solides au point de vue de la sécurité : d'emploi, de prix, d'approvisionnement. Il exprime, enfin, le vœu de voir les architectes améliorer les conditions d'emplacement et d'aménagement des chaufferies.

Summaries.

THE LIQUEFIED BUTANE AND PROPANE GASES

The lecturer shows the respective situation of butane and propane on the fuel market, butane being used in small domestic plants and propane reserved for industrial, commercial and also large domestic plants.

Taking on to the economic fields, he sketches the continuous increase in sales and establishes a comparison in weight and in calories consumed of these fuels in relation to those of city gas and coal. Reviewing the physico-chemical characteristics of liquefied gases, he points out that the commercial products often have different characteristics because of the fact that the distillation fractions contain varying proportions of various saturated and ethylenic hydrocarbons. Discussing their use, the lecturer indicates briefly the rules for their storing and for installation of apparatus. He discusses their use in the heating of dwellings, either through individual radiators or central heating by means of hot water, hot air or infra-red radiation. He gives a sketch of the heating of large premises and on localized heatings.

EVOLUTION OF COAL DOMESTIC HEATING IN FRANCE

The lecturer indicates the evolution in France of the possibilities for using solid fuels in domestic heating. He points out that although the quantities of coal extracted in France are on the increase, there is, in comparison with the pre-war period, a profound change in the distribution of this tonnage in « quality ».

The special problems resulting from this are partially solved by automatic devices for boiler stoking and ash extraction. The lecturer stresses the advantages presented by solid fuels from the point of view of safe use, cost and supply. On conclusion, he expresses the desire of seeing architects improve the location and arrangement of heating plants.

tout le local. Ceci exclut, sauf de brèves allusions qui y seront faites par la suite, les cas du chauffage dit *par rayonnement* et du chauffage très *localisé* qui peut être obtenu au moyen de l'énergie électrique (radiateurs paraboliques, couvertures chauffantes, etc.). On distingue le chauffage *continu* qui maintient la température imposée *sans interruption* durant toute la saison de chauffe malgré les variations extérieures et le chauffage *intermittent*. Ce dernier mode de chauffage est celui qui doit retenir le plus fortement l'attention car on verra, par la suite, que l'intermittence peut apporter une grande complication dans le choix de la source d'énergie la plus économique. Dans un chauffage intermittent, la température intérieure imposée fait l'objet d'un programme souvent périodique. Le cas le plus simple est celui de la période de 24 heures, la température intérieure étant imposée par exemple de 8 heures à 18 heures, indifférente en dehors de cet intervalle⁽¹⁾; une complication supplémentaire résulte de l'abandon des locaux du samedi 12 heures au lundi 8 heures, ce qui fait apparaître une périodicité hebdomadaire. Enfin, il se peut que tout caractère périodique disparaîsse dans le cas, par exemple, d'une salle de réunions. Le programme de température intérieure à maintenir malgré les variations extérieures ne suffit pas à définir un chauffage intermittent; on doit ajouter la durée de mise en régime permise; je reviendrai sur ce point.

II. — Les rendements.

1^o Je précise, bien qu'elle soit classique, la terminologie relative aux opérations successives qui interviennent dans le fonctionnement d'une installation de chauffage central. Pour fixer les idées, dans une installation ordinaire à eau chaude, on distingue la *production* d'eau chaude dans le générateur, sa *distribution* aux corps de chauffe, et enfin l'*émission* des corps de chauffe dans les locaux. Il peut arriver que la distribution disparaîsse et que la production et l'émission s'effectuent *simultanément dans le même lieu*; c'est le cas des appareils indépendants (dits radiateurs) au gaz ou à l'électricité; même dans ce dernier cas, la distinction des opérations n'est pas sans intérêt parce qu'à chacune d'elles s'attachent un ou deux *rendements*.

2^o La définition des rendements suppose la comparaison d'une opération réelle à une opération idéale. L'opération idéale de *base* est celle qui consiste à émettre à l'intérieur des locaux, durant toute la saison de chauffe, un flux convenablement dosé, de façon à réaliser *strictement* le programme de température intérieure imposé⁽²⁾, malgré les variations extérieures, et le cas échéant, malgré les apports intérieurs (occupants, lampes, machines). Ce programme imposé comporte notamment l'uniformité de température d'un local à un autre et à l'intérieur de chaque local. Le flux variable correspond, durant toute la saison, de chauffe à une quantité de chaleur dite *utile* Q_u .

3^o Supposons que par les conditions extérieures de base (qui comportent non seulement une température sèche de l'air, mais une certaine *insolation*), le programme imposé soit réalisé. En général, il n'est pas maintenu quand les conditions extérieures (ou les apports accidentels intérieurs) varient, ceci en raison de l'imperfection du réglage de l'émission. On sera amené de ce fait

à dépenser dans l'année une quantité de chaleur $Q_e > Q_u$ et, par définition, le rapport $\eta_e = \frac{Q_u}{Q_e} < 1$ est le *rendement du réglage de l'émission*. Il convient de remarquer dès maintenant que ce rendement ne dépend pas uniquement des organes de régulation (manuelle ou automatique), mais encore de la structure de l'installation. Voici deux exemples :

a) Des portions de bâtiment diversement insolées, et alimentées par un même circuit d'eau chaude ne peuvent rester à la même température intérieure si la régulation agit uniquement sur le circuit commun d'alimentation.

b) Une installation pourvue d'une chaudière à combustibles solides, dont la production se maintient *au-dessus* d'un certain minimum peut ne pas être en mesure de suivre les variations d'émission demandées par la régulation.

4^o Pour les conditions extérieures de base visées ci-dessus en 2^o, l'uniformité de température intérieure ne sera pas *en fait* réalisée, d'où une augmentation de l'énergie annuelle nécessaire qui passe de Q_e à Q_r .

$\eta_r = \frac{Q_r}{Q_e}$ est le *rendement de la répartition*.

5^o Au départ des générateurs, on sera conduit à émettre $Q_d > Q_r$ du fait de l'émission *inutile* des canalisations (par exemple dans des locaux dont le chauffage n'est pas nécessaire).

$\eta_d = \frac{Q_r}{Q_d}$ est le *rendement de la distribution*.

6^o Enfin, la quantité de chaleur *disponible* dans le combustible brûlé dans l'année est $Q_p > Q_d$, d'où le *rendement de la production*.

$\eta_p = \frac{Q_d}{Q_p}$.

Le vocable « disponible » employé plus haut est imprécis. En pratique, on choisit souvent la valeur de Q_p correspondant au pouvoir calorifique inférieur P_{ci} pour les combustibles solides et, au pouvoir calorifique supérieur P_{cs} pour les combustibles liquides et gazeux. On doit porter quelque attention à cette différence dans l'appréciation des rendements η_p des divers générateurs.

III. — Indications générales sur la comparaison économique des sources d'énergie.

1^o La comparaison stricte des sources d'énergie porte évidemment sur des immeubles identiques, identiquement placés quant aux conditions extérieures et soumis au même programme théorique de chauffage, dans tous les cas, on part d'une même valeur de Q_u . Les formules données ci-après sont homogènes; le choix des unités est indifférent à condition que le système choisi soit cohérent. Dans les applications numériques, les prix seront exprimés en francs et les quantités de chaleur en millions de kcal. Soient :

π , le prix de l'unité d'énergie produite (Q_p) qui se calculera facilement d'après le prix du combustible et son pouvoir calorifique, ou d'après le prix du kWh d'énergie électrique;

A, l'annuité d'amortissement et d'entretien de l'installation;

M, la dépense annuelle de main-d'œuvre d'exploitation;

(1) Sous la réserve habituelle que l'abaissement de température ne soit pas de nature à détériorer le local ou le matériel.

(2) Ce programme, bien qu'imposé, peut comporter, comme il a été dit plus haut, des intervalles de temps à température *indifférente*. On verra plus loin par quel mécanisme ces températures sont réalisées.

W, la dépense annuelle d'énergie électrique *accessoire* qui peut se décomposer en deux :

W_g , pour le générateur (brûleur);
 W_i , pour le reste de l'installation (pompe de circulation).

P, la dépense annuelle totale d'exploitation :

$$(1) \quad P = \varpi \frac{Q_u}{\eta_e \eta_r \eta_d \eta_p} + A + M + W.$$

Dans cette formule qui s'applique à toutes les sources d'énergie, sous cette réserve que certains des rendements η peuvent être égaux à l'unité (1), le seul élément constant est Q_u . Les influences de l'amortissement, de la main-d'œuvre, du prix de l'unité d'énergie ϖ sont évidentes, mais les répercussions du choix de la source sur les rendements, et en particulier sur η_e sont souvent difficiles à apprécier.

2° Si l'on veut étendre la comparaison à des immeubles différents, on peut prendre comme base le prix de revient de l'unité d'énergie utile c'est-à-dire d'après (1) :

$$(2) \quad p_u = \frac{\varpi}{\eta_e \eta_r \eta_d \eta_p} + \frac{A + M + W}{Q_u}.$$

3° Le prix de revient p_d de l'unité d'énergie distribuée (unité de Q_d) par le générateur peut s'évaluer en remarquant que la totalité de la dépense de main-d'œuvre est imputable au service du générateur et que l'annuité d'amortissement et d'entretien A se divise en deux parts relatives, l'une au générateur A_g , l'autre au reste de l'installation (y compris la régulation automatique le cas échéant), A_i . On trouve facilement :

$$(3) \quad p_d = \frac{\varpi}{\eta_p} + \frac{A_g + M + W_g}{Q_d}$$

et

$$(4) \quad p_u = \frac{p_d}{\eta_e \eta_r \eta_d} + \frac{A_i + W_i}{Q_u}.$$

Cette dernière relation (4) révèle l'intérêt du paramètre p_d . Si l'on considère en effet un ensemble d'installations comportant des générateurs diversement alimentés en énergie, mais identiques quant au reste des éléments, les paramètres Q_u , A_i , W_i , η_r , η_d sont communs à toutes ces installations. Les rendements η_e sont également identiques si les générateurs possèdent la même aptitude à régler leur production suivant les besoins. Si ces diverses conditions sont réalisées, la comparaison des sources peut être faite d'après le prix de l'unité d'énergie distribuée à la sortie du générateur : p_d au lieu de l'unité d'énergie utile : p_u .

(1) Par exemple, pour les radiateurs électriques $\eta_p = 1$, la totalité de l'énergie électrique étant transformée en chaleur dans l'installation de chauffage, mais une partie (faible d'ailleurs) est dissipée dans les canalisations et de ce fait η_d en toute rigueur est inférieur à 1. Pratiquement, il suffit d'admettre $\eta_d = 1$.

(2) Ces méthodes sont à rapprocher de celles qui sont utilisées par les électriciens dans l'étude des réseaux linéaires; la fonction d'influence correspond à la « réponse indicielle », réponse d'un système linéaire quand on lui applique « l'échelon unité » de Heaviside. Il convient de remarquer que le problème thermique du régime intermittent est particulièrement compliqué, du fait que ni l'une ni l'autre des deux grandeurs — flux et température n'est entièrement donnée durant une période (pendant R et A, on a une condition de flux, pendant O une condition de température). Le problème qui consisterait à déterminer la réponse — flux — à une température donnée ou la réponse — température — à un flux donné serait beaucoup plus simple.

Les régimes intermittents.

I. — Problème type d'intermittence.

1. Énoncé.

La journée de 24 heures est divisée en trois parties appelées R, O, A, ces symboles représentant également les durées correspondantes :

R correspond à l'occupation du local;

R correspond au réchauffage préalable à l'occupation;

A correspond, soit à l'abandon du local, soit à un intervalle de temps durant lequel on n'exige pas le maintien d'une température constante fixée (par exemple temps du sommeil dans l'habitation).

Les conditions de température et de flux imposées sont les suivantes :

Température extérieure constante t_e , prise comme origine des températures;

Température intérieure fixée soit : $(t_i)_0$ durant O, indifférente durant R et A.

Flux constant mais non fixé durant R, nul durant A.

Au bout d'un temps suffisant, le régime ainsi défini est périodique et l'on se propose de déterminer le flux constant durant R, soit Φ_R et le flux variable durant O soit Φ_o ; accessoirement on détermine les températures intérieures variables durant R et A, soient $(t_i)_R$ et $(t_i)_A$ (ce sont les températures indifférentes dont il a été question plus haut, § 2°, p. 952).

2. Surpuissance et économie.

Par comparaison avec le régime continu qui permettrait au moyen du flux Φ_c de maintenir en permanence la température intérieure $(t_i)_0$ par la température extérieure t_e , on définit la surpuissance S et l'économie E, par :

$$(5) \quad S = \frac{\Phi_R - \Phi_c}{\Phi_c}$$

$$(6) \quad E = \frac{\Phi_c - \Phi_m}{\Phi_c}.$$

Dans cette dernière relation, Φ_m est le flux moyen en régime intermittent calculé d'après Φ_R et Φ_o . Le vocable « surpuissance » s'explique de lui-même; quant à E, c'est une économie de flux émis qui s'identifie à une économie de combustible, dans la mesure où les consommations sont proportionnelles aux flux.

3. Ordres de grandeur de E et S.

MM. NESSI et NISOLLE ont mis au point des méthodes de calcul graphique et grapho-mécanique basées sur l'utilisation des fonctions d'influence (2) pour la détermi-

mination des courbes de flux et de température. Le Comité Technique du Chauffage et de la Ventilation a calculé, d'après ces méthodes, les valeurs de E et S pour cinquante locaux de caractéristiques variées, pour divers temps de réchauffage R et pour des occupations O de quatre et dix heures.

A partir du « catalogue » ainsi obtenu, on peut se proposer de déterminer la surpuissance et l'économie d'un local quelconque avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique. Cette question a fait l'objet d'un important travail de MM. CADIERGUES, MOREL et DAUDIN, publié dans les *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* [6].

Je me borne ici à donner trois exemples pour trois locaux I, II, III, dont le premier est très *massif* (murs en moellons de 45 cm), le dernier très *léger* (magasin avec murs en briques de 11 cm), le second *intermédiaire* entre les deux extrêmes; sans attribuer à ces épithètes un sens précis, je n'ai d'ailleurs d'autre but que de donner des ordres de grandeur. La durée de mise en régime R est de trois heures.

TABLEAU I.

LOCAL	S		E	
	O = 10 h	O = 4 h	O = 10 h	O = 4 h
I (massif)...	1,3	2	0,15	0,33
II	0,88	1,44	0,18	0,37
III (léger) ...	0,4	0,42	0,35	0,57

On remarquera :

- a) Que les surpuissances peuvent être énormes : 200 % pour le local I et une occupation courte O = 4 heures;
- b) Qu'il existe un certain lien (d'ailleurs non fonctionnel) entre S et E : aux surpuissances fortes correspondent des économies faibles et inversement.

4. Utilisation pratique des calculs d'interruption.

Ces calculs ne sont pas directement utilisables pour les raisons suivantes :

— La température extérieure t_e est variable.

— Le flux défini au § 1, page 953, n'est généralement pas réalisable, ce qui se rattache à deux causes correspondant toutes deux à une *inertie*, au sens large de l'installation. D'une part, le générateur ne se prête pas toujours à une production discontinue (combustibles solides); d'autre part, le fluide et le métal utilisé dans l'installation présentent une certaine capacité calorifique. Je tenterai de préciser plus loin (§ II, ci-contre), dans un cas simple, l'influence de cette inertie.

Variations de la température extérieure :

Les surpuissances calculées étant souvent considérables, il est impossible d'envisager l'installation de celles qui correspondent à la température extérieure de base; elles seraient d'ailleurs mal utilisées en raison de la faible fréquence de cette température de base. Par exemple, dans la région parisienne, on calculera la surpuissance pour une température extérieure de 0° C. Si cette sur-

puissance calculée est de 100 % (S = 1), on voit que, pour une température de 18°, la surpuissance installée évaluée par rapport à la puissance de régime continu par $t_e = -5^{\circ} \text{C}$ sera : $s = 2 \times \frac{18}{23} - 1 = 0,56$ soit 56 %.

On utilisera alors la surpuissance disponible au *mieux*, suivant la température extérieure. Au-dessous de 0° C on sera conduit à accroître la durée de réchauffage R peut-être jusqu'à passer au régime continu. Au-dessus de 0°, on pourra réduire R et réaliser ainsi un programme de flux plus avantageux que le programme théorique.

On conçoit que dans ces conditions, le calcul de l'économie *moyenne* e durant la saison de chauffe est difficile. Abstraction faite des difficultés inhérentes à la disparition de la périodicité rigoureuse du régime thermique, on aperçoit une possibilité de compensation entre les économies correspondant à $t_e < 0^{\circ} \text{C}$ et $t_e > 0^{\circ} \text{C}$ qui sont respectivement inférieures et supérieures à celles qui figurent au tableau I. Si bien que ces dernières valeurs fournissent un ordre de grandeur de l'économie moyenne pour une surpuissance calculée par $t_e = 0^{\circ} \text{C}$.

Le tableau II donne les surpuissances *installées* correspondantes :

TABLEAU II.

LOCAL	S		E	
	O = 10 h	O = 4 h	O = 10 h	O = 4 h
I	0,8	1,36	0,15	0,33
II	0,47	0,90	0,18	0,37
III	0,09	0,10	0,35	0,57

Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici que *d'ordres de grandeur* et que ces chiffres n'ont qu'une valeur *d'exemples*.

II. — Cas d'un flux non nul durant l'abandon du local (A).

1° La déformation imprimée à la courbe théorique de flux par les deux causes d'*« inertie »* de l'installation mentionnées plus haut (§ 4 ci-contre), correspond notamment à l'apparition d'un flux φ non nul durant A. Il est extrêmement facile de traiter le problème d'interruption pour une valeur *constante* de ce flux φ , E, S, et Φ_R , deviennent respectivement E, S, Φ'_R , et si l'on pose $\varphi = k\Phi'_R$ on trouve :

$$S' = S \frac{1 - k}{1 + kS}$$

$$E' = E \frac{1 - k}{1 + kS}.$$

Le facteur sans dimension k qui exprime le *flux parasite* en fonction du flux de réchauffage est grossièrement une mesure de l'inertie de l'installation et, comme on pouvait s'y attendre la surpuissance et l'économie se trouvent diminuées d'autant plus que k est plus grand. Le rapport S'/E' reste d'ailleurs égal à S/E . Il est bien évident que si une valeur constante de k peut rendre compte approximativement de l'influence de l'entretien du feu dans une installation à combustible solide, la capacité calorifique de l'installation intervient de façon beaucoup plus complexe.

2^o Si l'on passe des valeurs calculées de S' et E' à la surpuissance installée s' et à l'économie moyenne e' comme on l'a fait plus haut (§ 2, page 953) on trouve, dans le cas du local II et pour $O = 10$ heures.

$$\begin{array}{lll} k = 0 & s' = 0,47 & e' = 0,18 \\ k = 0,1 & s' = 0,35 & e' = 0,15 \\ k = 0,2 & s' = 0,25 & e' = 0,12 \end{array}$$

Si l'économie diminue quand le flux parasite augmente, la surpuissance diminue encore plus vite, de sorte qu'il y a, tout au moins dans le cas considéré, une certaine compensation, que l'on perd souvent de vue, entre l'accroissement de la dépense de combustible et la réduction des frais de premier établissement.

III. — Énergie utile et rendement du réglage de l'émission en régime intermittent.

Soient :

Q_u , l'énergie utile durant la saison de chauffe en régime intermittent;
 Q_{uc} , l'énergie utile correspondante en régime continu;
 e , l'économie moyenne (définie au § 2).

On a, par définition : $Q_u = Q_{uc} (1 - e)$.

Si l'installation comporte une inertie au sens du § 4, il est impossible de réaliser rigoureusement le programme de température imposé et dans l'hypothèse d'un dispositif de régulation d'ailleurs parfait, la quantité de chaleur émise serait : $Q_{uc} (1 - e')$. Le rendement du réglage de l'émission serait alors :

$$\eta_e = \frac{1 - e}{1 - e'}$$

On peut généraliser cette formule dans l'hypothèse d'un dispositif de régulation imparfait en écrivant :

$$(7) \quad \eta_e = \eta_0 \frac{1 - e}{1 - e'}$$

η_0 , étant un facteur qui caractérise le dispositif de régulation seul. Mais cette définition de η_0 implique que cette dernière grandeur ne varie pas quand le dispositif de régulation est appliqué à des installations conduisant à des e' différents (par exemple deux installations identiques sauf le générateur, dont l'un est muni d'un brûleur à charbon et l'autre d'un brûleur à fuel oil). A priori, il n'y a pas de raison pour qu'il en soit ainsi et la décomposition du rendement η_e en deux facteurs que j'avais déjà envisagée dans ma communication au IV^e Congrès de Chauffage Industriel est en principe dénuée de sens. J'ai repris l'étude de la question en envisageant quelques cas simples et notamment celui-ci :

On se reporte au § II, 1^o (p. 954) et l'on admet que pour la température extérieure de base Φ_R et Φ'_R d'une part, Φ_0 et Φ'_0 d'autre part sont réglés avec la même précision, le régulateur étant en revanche sans effet sur le flux parasite φ . Les précisions s'expriment numériquement par deux coefficients α et β tels que les énergies théoriques.

$$R\Phi_R, \quad R\Phi'_R, \quad \int_0^T \Phi_0 dt, \quad \int_0^T \Phi'_0 dt$$

soient remplacés par les énergies réelles :

$$(1 + \alpha) R\Phi_R, \quad (1 + \alpha) R\Phi'_R, \quad (1 + \beta) \int_0^T \Phi_0 dt, \quad (1 + \beta) \int_0^T \Phi'_0 dt.$$

Les rendements du réglage de l'émission étant respectivement η_e et η'_e pour les deux installations, on peut poser :

$$\eta_e = \eta_0 \quad \eta'_e = \eta'_0 \frac{1 - E}{1 - E'}$$

On trouve alors facilement (il est inutile de donner le calcul qui repose sur des bases exagérément simplistes) :

$$(8) \quad \left\{ \begin{array}{l} 1/\eta_0 = 1 + \beta + (\alpha - \beta) \frac{1 + S R}{1 - E T} \\ 1/\eta'_0 = 1 + \beta + (\alpha - \beta) \frac{1 + S' R}{1 - E' T} - \beta \frac{E - E'}{E(1 - E')} A \end{array} \right.$$

avec :

$T = R + 0 + A$, soit 24 heures en pratique.

Les formules (8) montrent que même dans le cas simple considéré $\eta_0 \neq \eta'_0$ et que par conséquent la décomposition (7) est en principe illégitime.

Si $\alpha \geq \beta$ la comparaison des formules (8) donne $\eta'_0 > \eta_0$ c'est-à-dire que la formule (7) avec η_0 constant est pessimiste pour l'installation avec flux parasite.

Exemple numérique :

$$\begin{array}{lll} \text{Local II} & 0 = 10 \text{ h} & k = 0,2 \\ E = 0,18 & E' = 0,12 & \alpha = \beta \end{array}$$

$\eta_0 = 0,9$, ce qui correspond à un très bon dispositif de régulation. On trouve $\eta'_0 = 0,92$ c'est-à-dire que la décomposition (7) à η_0 constant est en fait légitime avec les valeurs numériques considérées.

Ordres de grandeur des rendements.

La comparaison numérique des rendements pour les diverses sortes d'installations est au fond la difficulté essentielle de la comparaison économique des sources d'énergie. Il est bon de rappeler, bien que cela soit évident, que le changement de combustible n'influe pas forcément sur les rendements (voir plus haut 3^o, p. 953). Cependant, ce n'est le plus souvent que grâce à l'accroissement massif de quelques-uns des rendements η_e , η_r , η_d , η_p , que l'on peut arriver à justifier l'utilisation des énergies brutes coûteuses. Pour fixer les idées, je donne ci-dessous le prix des 10^6 kcal brutes dans différentes hypothèses (1).

Prix des 10^6 kcal brutes.

Noix maigre (P_{ci})	1 920 F
Grains maigres (P_{ci})	1 520 F
Fuel léger (P_{cs})	1 540 F
Gaz (P_{cs})	4 000 F
Électricité 5 000 à 15 000 F suivant la tarification et l'heure d'utilisation.	

(1) Il importe peu de fixer les conditions de livraison des combustibles (lieu, quantité) puisqu'il ne s'agit que de mettre en évidence des ordres de grandeur.

Prix des 10⁶ kcal à la sortie du générateur (part de l'énergie seule : ϖ/η_p).

Noix maigre	2 750 F
Grains maigres.....	2 200 F
Fuel léger.....	2 200 F
Gaz	5 000 F
Électricité	5 000 à 15 000 F

On voit, par ces exemples, combien la position du gaz et de l'électricité est, à priori, désavantageuse, et si l'on n'espère pas de réductions importantes dans les domaines de la main-d'œuvre et de l'amortissement, on voit que les deux dernières sources d'énergie ne sont défendables, par comparaison avec les deux premières, que si elles permettent d'améliorer l'utilisation (caractérisée par le produit des rendements) *dans un rapport supérieur à 2*.

Dans l'examen des valeurs numériques, je suivrai l'ordre η_p , η_d , η_r , η_e . L'appréciation des trois premiers paramètres ne soulève guère de difficultés. Il en est tout autrement du dernier.

I. — Rendement de la production.

Faute d'éléments personnels d'appréciation de date récente, je ne prétends pas intervenir dans les controverses que cette question peut soulever. Je me borne à mentionner les valeurs qui ont été admises par des spécialistes auxquels j'ai fait allusion au début de cette étude.

Combustibles solides.	Chaudières fonte 150 000 kcal/h..	0,65
	Chaudières automatiques acier..	0,75
	Chaudières fonte avec brûleurs ..	0,70
Combustibles liquides.	25 000 kcal/h.....	0,65
	150 000 kcal/h.....	0,70
	1 000 000 kcal/h.....	0,75
Combustibles gazeux.	Radiateurs à convection.....	0,75
	Chaudières	0,80
Électricité		1

II. — Rendement de la distribution.

Installations à eau chaude (quel que soit le générateur). Canalisations en cave bien calorifugées $\eta_d = 0,9$; Chauffage d'appartement $\eta_d = 0,95$. Radiateurs indépendants au gaz ou à l'électricité $\eta_d = 1$.

III. — Rendement de la répartition.

On admet généralement que, dans une installation bien exécutée, les seules inégalités de répartition qui subsistent sont dues aux variations de température en hauteur. Voici quelques chiffres pour des installations à eau chaude :

Radiateurs	4 colonnes.....	0,85 à 0,91
	6 colonnes.....	0,84 à 0,95
	lisses.....	0,95
Convection.....		0,95
Panneaux	plafond	0,90
	rayonnants. plancher	1

On sait que pour les radiateurs et convection, ces rendements sont d'autant plus grands que la surface présente moins de résistance au passage de l'air et que sa température est plus basse. Il résulte de cette dernière remarque que les radiateurs au gaz ou à l'électricité ne peuvent guère atteindre les maxima donnés pour les corps de chauffe à eau chaude.

IV. — Rendement du réglage de l'émission.

REMARQUES PRÉLIMINAIRES

C'est une question qui, en raison de sa difficulté même et de l'absence de données expérimentales étendues, prête à des controverses infinies. Il est utile de commencer par quelques remarques préliminaires :

a) Si l'on veut comparer *loyalement* les sources d'énergie, il faut rapprocher des installations qui, chacune dans son genre, présentent des qualités équivalentes. C'est ainsi que l'on entend souvent dire que le gaz et l'électricité se prêtent très bien à la régulation automatique, ce qui est d'ailleurs exact; mais on s'autorise souvent de cette affirmation pour faire un rapprochement avec des installations à charbon avec régulation manuelle. Or, nous savons que, sous certaines réserves, les installations à combustibles solides peuvent être pourvues de régulations automatiques très efficaces. En fait, la régulation automatique n'est pratiquement impossible que sur les chaudières dites à main. Les générateurs automatiques ou pourvus de brûleurs se prêtent très bien à la commande automatique avec, évidemment, la sujexion d'entretien du feu.

b) Cette sujexion est d'autant plus gênante que l'interruption est plus forte, c'est-à-dire que la durée d'occupation est plus courte. Si, par contre, le chauffage est continu, les variations de température extérieures sont en général suffisamment lentes pour que le manque de souplesse des générateurs à charbon ne soit pas gênant.

1. Chauffage continu.

Dans le cas de *chauffage continu* on peut admettre que pour η_e les valeurs limites sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Régulation manuelle.....} & \quad \eta_e = 0,6 \\ \text{Régulation automatique..} & \quad \eta_e = 0,85 \text{ à } 0,95 \end{aligned}$$

suivant la perfection du dispositif.

Ces valeurs sont en principe applicables à toutes les sources d'énergie mais il va sans dire que dans les cas des énergies brutes coûteuses (gaz et électricité), une installation sans régulation automatique serait *inadmissible*; au risque de me répéter excessivement, je signale d'ailleurs, à nouveau, que gaz et électricité s'adaptent particulièrement bien à la régulation automatique.

2. Chauffage intermittent.

Dans le cas du *chauffage intermittent*, j'admettrais que dans la formule (7) (voir § III, page 955) $\eta_e = \eta_0 \frac{1-e}{1-e'}$ on peut prendre pour η_0 les valeurs données ci-dessus IV, 1, pour η_e j'ai discuté plus haut l'insuffisance de cette hypothèse. Je n'y reviendrai pas.

Quand au facteur $\frac{1-e}{1-e'}$ voici quelques valeurs numériques pour deux locaux (voir § 3, page 953) et deux valeurs de k (voir 2^o, page 955). Je rappelle que k caractérise grossièrement l'inertie de l'installation.

LOCAL II. — Occupation dix heures :

$$k = 0,2 \quad \frac{1-e}{1-e'} = 0,93.$$

LOCAL III. — Occupation quatre heures :

$$k = 0,1 \quad \frac{1 - e}{1 - e'} = 0,9$$

$$k = 0,2 \quad \frac{1 - e}{1 - e'} = 0,75.$$

Les calculs qui précèdent étant très aléatoires, il est bon de mettre en évidence les analogies que peuvent présenter des installations de différentes sortes quant aux valeurs de η_e .

a) Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, des installations de chauffage à eau chaude identiques en dehors du générateur et munies de dispositifs de régulation équivalents donneront les mêmes valeurs de η_e pour les combustibles liquides et gazeux, des valeurs légèrement réduites pour les combustibles solides en raison des sujétions d'entretien du feu.

b) Les dispositions considérées comme spéciales aux combustibles gazeux : radiateurs indépendants, générateurs d'air chaud, panneaux rayonnants, donnent lieu aux remarques suivantes :

— Les radiateurs indépendants présentent l'avantage d'une faible inertie et d'une régulation relativement facile et peu coûteuse.

— La production directe d'air chaud par échange avec les gaz de la combustion peut être envisagée avec tous les combustibles et en particulier avec les combustibles solides de faible calibrage qui, du point de vue du réglage de l'émission, ne présentent d'autre inconvénient que la sujétion d'entretien du feu.

— Les panneaux rayonnants alimentés par un fluide intermédiaire (eau chaude ou air chaud) existent depuis longtemps sous des formes diverses, mais le gaz permet de réaliser des installations d'inertie particulièrement réduites.

c) Quant à l'énergie électrique, on admet généralement que la question ne se pose guère de l'utiliser en chauffage dans des générateurs centraux à partir desquels on retrouverait des installations habituelles à eau chaude ou à air chaud.

Si l'on se borne aux appareils indépendants qui dissipent l'énergie à l'intérieur même des locaux à chauffer, on peut distinguer deux cas, suivant que l'on cherche à obtenir (comme avec les autres modes de chauffage) une température intérieure quasi uniforme dans les locaux à chauffer ou que, mettant à profit les facilités particulières du chauffage électrique on cherche à localiser une température résultante convenable au voisinage de l'occupant.

Je n'envisagerai pas ce dernier mode de chauffage car la comparaison qu'on peut en faire avec les chauffages centraux ordinaires est dénuée de sens : le service rendu n'est pas le même, et c'est à l'usager de décider s'il se contente du chauffage localisé obtenu au moyen d'un radiateur parabolique ou d'un tapis chauffant. Ceci précisé, les appareils indépendants se divisent en deux grandes classes :

— Les appareils dits à radiation directe qui libèrent immédiatement l'énergie transformée en chaleur; ils ont du point de vue du réglage de l'émission, l'avantage d'une faible inertie.

— Les appareils dits à accumulation qui se comportent comme des corps de chauffe à forte inertie s'ils sont déchargés par convection libre; cet inconvénient disparaît pratiquement si la décharge a lieu par convection forcée.

La main-d'œuvre.

L'appréciation des dépenses de main-d'œuvre pour le calcul du prix de l'unité de l'énergie distribuée (p_d) ou utile (p_u) peut être discutée de telle façon qu'on est amené à conclure que dans le cas tout au moins des petites installations, la question est dénuée de sens.

I. — Installations de 150 000 kcal/h et plus.

L'étude de M. CHARMELLOT [1] donne les résultats ci-après pour divers combustibles solides.

150 000 kcal/h

Valeurs de (10⁶ kcal distribués) à Paris, combustibles livrés en vrac.

Chaudière fonte, $p_d = 3\ 910$ à 2 810 F.

Part de la main-d'œuvre 100 F soit moins de 4%.

Chaudières automatiques acier, $p_d = 2\ 440$ à 2 340 F.

Part de la main-d'œuvre 50 F soit 2% environ.

1 000 000 kcal/h, $p_d = 2\ 315$ à 2 525 F.

Part de la main-d'œuvre 30 F soit 1,2 à 1,3%.

Pour des installations suffisamment importantes, la part de la main-d'œuvre est donc relativement faible, même dans le cas de combustible qui exige le maximum de travail.

II. — Installations de petite puissance.

Si l'on se réfère au cas extrême d'une très petite puissance 5 000 kcal/h par exemple, on trouve dans la même étude, un prix de 3 830 F à 2 380 F. Ce prix a été établi sans tenir compte de la main-d'œuvre; si, au contraire, on admet qu'une heure de main-d'œuvre par jour est nécessaire durant la saison de chauffe, on obtient :

Dépense annuelle de main-d'œuvre 150 F par jour pendant 180 jours, soit : 27 000 F.

Production annuelle de kcal pour 2 200 heures d'utilisation de la puissance nominale :

$$5\ 000 \times 2\ 200 = 11 \cdot 10^6 \text{ kcal.}$$

Part de la main-d'œuvre par 10⁶ kcal :

$$\frac{27\ 000}{11} = 2\ 450 \text{ F.}$$

La part de la main-d'œuvre est du même ordre que celle du combustible.

Sans doute l'exemple choisi est extrême : la puissance est très petite et l'on peut estimer que la durée journalière de travail admise (une heure) est excessive, mais j'avais simplement le dessein d'attirer l'attention sur le caractère arbitraire des évaluations de main-d'œuvre dans le cas des petites installations.

On admet souvent, en chauffage domestique, que la dépense de main-d'œuvre est nulle. Il faut alors considérer que des sources, telles que le gaz et l'électricité, présentent un avantage de commodité qui, bien que non mesurable, n'en est pas moins réel; c'est un point sur lequel je reviendrai dans ma conclusion.

Exemples numériques.

I. — Installations aux combustibles solides et liquides de 1 million de kcal/h.

1^o Pratiquement, pour ces puissances, les installations aux combustibles solides utilisent des petits calibrages avec des équipements qui se prêtent parfaitement à la régulation automatique. En se reportant à ce qui a été dit plus haut (3^o, p. 953, col. 1, § III, p. 955, et IV, p. 956), on peut considérer que les prix de l'unité d'énergie distribuée (p_d) fournissent une base correcte de comparaison en régime continu.

La même comparaison conduit, en régime intermittent, à une conclusion optimiste pour les combustibles solides. Cependant, si le local est massif et la durée d'occupation journalière relativement longue, l'erreur n'est pas considérable (voir, à titre d'ordre de grandeur le 2^o, p. 955).

2^o M. CHARMELLOT [1] et M. BRUNET [2] ont calculé les prix de l'unité d'énergie distribuée dans différentes hypothèses. Pour discuter avec précision les bases de ces calculs on se reportera à leurs études; je me borne aux indications suivantes :

Les conditions économiques sont celles du début de 1952.

Le régime intermittent correspond à une utilisation de la puissance installée de huit heures par jour de chauffage *en moyenne*.

Les calculs ont été faits pour *cinq villes* afin de donner une idée des variations de p_d avec le lieu, en raison des diversités de prix de combustible d'une part, des besoins de chaleur d'autre part.

En dehors des cas où les prix correspondant au fuel sont en gras (Strasbourg et Lyon) on voit que les solutions combustibles liquides sont toutes plus avantageuses que les solutions combustibles solides. Ainsi qu'il a été indiqué plus haut en régime intermittent, la comparaison des p_d substituée à celle des p_d ne pourrait que renforcer l'avantage des combustibles liquides. Toutefois, on doit reconnaître que dans beaucoup de cas les différences sont trop peu importantes pour être vraiment significatives; ceci en raison du caractère arbitraire ou aléatoire des hypothèses de base.

TABLEAU III.

Puissance 10⁶ kcal/h régime continu.

Valeurs de p_d (voir p. 953, 3^o).

NATURE du générateur et du combustible	STRAS-BOURG	PARIS	LYON	LA ROCHELLE	MARSEILLE
<i>Chaudières fonte :</i>					
Grains maigres..	2 205	2 445	2 300	2 530	2 675
Grains flambants	2 090	2 445	2 200	2 516	2 205
<i>Chaudières acier :</i>					
Grains maigres..	2 200	2 415	2 290	2 525	2 600
<i>Fuels :</i>					
Léger.	2 331	2 198	2 301	2 101	2 070
N° 1	2 188	2 049	2 163	1 971	1 978
N° 2	2 078	1 938	2 046	1 858	1 855

TABLEAU IV.

Puissance : 10⁶ kcal/h régime intermittent.

Valeurs de p_d (voir p. 953, 3^o).

NATURE du générateur et du combustible	STRAS-BOURG	PARIS	LYON	LA ROCHELLE	MARSEILLE
<i>Chaudières fonte :</i>					
Grains maigres..	2 275	2 515	2 375	2 625	2 815
Grains flambants	2 160	2 315	2 280	2 610	2 345
<i>Chaudières acier :</i>					
Grains maigres..	2 305	2 525	2 415	2 675	2 900
<i>Fuels :</i>					
Léger.	2 406	2 272	2 380	2 196	2 236
N° 1	2 294	2 154	2 278	2 108	2 163
N° 2	2 183	2 042	2 167	1 995	2 048

II. — Installations aux combustibles solides et liquides de 150 000 kcal/h.

Dans l'étude déjà citée [5] j'ai calculé les prix de l'unité d'énergie utile (p_u) dans le cas d'un local présentant les caractéristiques d'intermittence du local II (voir 2^o, p. 955), ce qui conduit à :

$s = 0,47$ $e = 0,18$ pour les combustibles liquides;
 $s' = 0,35$ $e' = 0,15$ pour les combustibles solides;

j'ai en outre admis que $\eta_r = \eta_d = \eta_0 = 0,9$.

TABLEAU V.

Puissance 150 000 kcal/h. Valeurs de p_u (voir 3^o, p. 953).

	STRAS-BOURG	PARIS	LYON	LA ROCHELLE	MARSEILLE
Grains maigres	3 470	3 705	3 635	4 045	4 500
continu	3 850	4 215	4 065	4 545	5 180
Fuel	4 230	4 005	4 235	4 075	4 385
légier	4 570	4 292	4 635	4 525	5 030

Pour une installation moyenne les combustibles solides se révèlent donc, en général (sauf à Marseille) les plus avantageux.

III. — Installations de faible puissance (25 000 kcal/h). Comparaison des quatre sources d'énergie.

1. Prix de l'énergie utile.

J'ai tenté [5] de calculer les prix de l'énergie utile (p_u) dans de nombreuses hypothèses en appliquant les principes exposés dans les chapitres précédents, ceci sans me faire beaucoup d'illusions quant à l'exactitude des valeurs numériques adoptées. On constatera cependant que les différences entre les prix trouvés dans les diverses hypothèses sont souvent énormes et que, dans ces conditions, quelle que soit l'incertitude des calculs, il est difficile de refuser à ces différences tout caractère significatif.

Je me suis borné au cas du régime intermittent; seule en effet l'intermittence peut permettre de compenser les prix élevés de l'énergie brute dans le cas du gaz et de l'électricité. J'ai considéré deux cas d'intermittence : un local assez massif (local II) occupé pendant dix heures par jour et un local très léger (local III) occupé pendant quatre heures par jour. La comparaison porte sur des installations de faible puissance (25 000 kcal/h), mais les prix trouvés dans le cas des *appareils indépendants au gaz ou à l'électricité* sont à peu près valables pour des installations de puissance quelconque, puisque l'augmentation de puissance s'obtient simplement par multiplication du nombre des corps de chauffe. Enfin, conformément à ce qui a été signalé § II, p. 957, la dépense de main-d'œuvre a été négligée dans tous les cas.

2. Local massif, longue durée d'occupation.

Les hypothèses numériques de base sont très nombreuses et toujours discutables.

Pour leur détail, on se reportera à l'étude [5].

Je précise ci-dessous les valeurs adoptées pour les rendements et les caractéristiques d'intermittence (s' , e').

3. Local léger, courte durée d'occupation.

Les caractéristiques d'intermittence pour le local III 0 = 4 heures sont les suivantes pour différentes valeurs de :

$$\begin{array}{lll} k = 0 & s = 0,1 & e = 0,57; \\ k = 0,1 & s' = 0,06 & e' = 0,49; \\ k = 0,2 & s' = 0 & e' = 0,42. \end{array}$$

Plusieurs hypothèses ont été envisagées quant aux valeurs de k qui caractérise grossièrement l'inertie (au sens large) de l'installation :

$$\begin{array}{lll} \text{Combustibles solides} \dots & k = 0,2 & k = 0,1 \\ \text{Combustibles liquides} \dots & k = 0,1 & k = 0 \\ \text{Gaz et électricité} \dots & k = 0 & \end{array}$$

On trouve alors pour p_u :

$$\begin{array}{lll} \text{Grains maigres} \{ k = 0,1 \dots & 5210 \text{ F} \\ k = 0,2 \dots & 5690 \text{ F} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Fuel domestique} \{ k = 0,1 \dots & 6660 \text{ F} \\ k = 0,1 \dots & 7580 \text{ F} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Gaz (appareils indépendants)} \dots & 8025 \text{ F} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Électricité accumulation} \{ \text{B. T. heures creuses max.} & 11770 \text{ F} \\ \text{convection forcée} \{ \text{H. T.} & \text{min.} & 7770 \text{ F} \end{array}$$

TABLEAU VI.

NATURE DE L'INSTALLATION et de la source d'énergie	η_p	η_d	η_r	η_e	s'	e'	PRIX DE 10 ⁶ kcal utiles en régime intermittent
Chaudière fonte-coke (régulation manuelle)	0,65	0,9	0,9	0,6	0,2	0,11	6 760
Chaudière acier grains.....	0,75	0,9	0,9	0,9	0,35	0,15	4 135
Brûleur automatique fuel domestique.....	0,70	0,9	0,9	0,9	0,47	0,18	5 888
Chaudière à gaz.....	0,80	0,9	0,9	0,9	0,47	0,18	8 850
Appareils indépendants à gaz.....	0,80	1	0,9	0,9	0,47	0,18	7 510
<i>Électricité :</i>							
Radiation directe.....	1	1	0,9	0,9	0,47	0,18	basse tension 14 566 à 19 466
Accumulation convection libre.....	1	1	0,9	0,9	0,35	0,15	basse tension 8 670 à 11 970 haute tension 7 370 à 8 270
Accumulation convection forcée.....	1	1	1	0,9	0,47	0,18	basse tension 8 015 à 10 865 haute tension 6 915 à 7 685

En prenant comme base de comparaison successivement le coke, les grains maigres et le fuel domestique, les prix trouvés pour le gaz et l'électricité accusent les différences *en plus* portées dans le tableau VII.

TABLEAU VII.

BASE de comparaison	GAZ	ÉLECTRICITÉ	
		Tarif heures creuses B. T. max.	Tarif heures creuses H. T. min.
Coke.....	+ 11 %	+ 61 %	+ 2,3 %
Grains maigres	+ 82 %	+ 163 %	+ 67 %
Fuel domestique	+ 27 %	+ 84 %	+ 17 %

d'où le tableau ci-dessous, analogue au tableau VII.

TABLEAU VIII.

BASE de comparaison	GAZ	ÉLECTRICITÉ	
		Tarif heures creuses B. T. max.	Tarif heures creuses H. T. min.
Grains { $k = 0,2$..	+ 41 %	+ 107 %	+ 36 %
Grains { $k = 0,1$..	+ 54 %	+ 125 %	+ 49 %
Fuel { $k = 0,1$..	+ 6 %	+ 55 %	+ 2,5 %
Fuel { $k = 0$..	+ 20 %	+ 77 %	+ 17 %

Comme on pouvait s'y attendre, une forte intermittence améliore sensiblement les positions du gaz et de l'électricité. En outre, l'ensemble des tableaux VII et VIII montre que si l'on tient compte de leurs commodités d'emploi, le gaz et l'électricité peuvent, dans les cas favorables, soutenir la comparaison avec le fuel domestique ou avec une installation au coke à régulation nécessairement manuelle. Au contraire, les chaudières à grains maigres avec régulation automatique paraissent conserver l'avantage dans tous les cas.

IV. — Remarques sur les comparaisons économiques.

1^o Il convient tout d'abord de remarquer que les considérations d'ordre économique ne sont pas seules à intervenir dans le choix d'une source d'énergie. Les avantages de confort et de commodité pèsent également sur la décision, surtout en matière de chauffage domestique, et l'usager peut donner la préférence aux sources qui l'affranchissent de toutes sujétions de manutention de combustible, décrassage, stockage (donc en l'espèce au gaz et à l'électricité) indépendamment de toute considération économique.

2^o En négligeant cet aspect, d'ailleurs fort important, du problème de la comparaison des sources, c'est-à-dire en restant dans le domaine strictement économique, il est intéressant de classer les principales insuffisances des hypothèses qui ont servi de base aux évaluations précédentes. Il semble que trois catégories peuvent être distinguées.

Il est à peine besoin de revenir sur l'imprécision des différents rendements η ; les évaluations sont particulièrement difficiles pour le rendement η_e du réglage de l'émission en chauffage intermittent et, malheureusement, ce rendement paraît susceptible de varier pratiquement dans de très larges limites; son influence sur la consommation de combustible est donc importante.

Toujours dans le domaine des régimes intermittents, le programme a été supposé périodique, de période 24 heures, ce qui implique notamment le maintien du chauffage sans interruption durant toute la saison de chauffe. En pratique, il n'en est pas toujours ainsi : particulièrement sous les climats doux, il peut être avantageux d'interrompre et de rétablir le chauffage à plusieurs reprises, au cours de la saison de chauffe et il est bien évident que le gaz et l'électricité se prêtent facilement à ces opérations successives. Il y a là un avantage d'ordre économique qui ne pouvait être pris en compte dans les calculs.

Enfin, il a bien fallu prendre pour base un programme de température intérieure. De tels programmes sont entrés dans la tradition à tel point que leur caractère arbitraire s'en trouve masqué. Certes, il est légitime que le client exige du constructeur les températures intérieures garanties (¹) mais le respect du programme ne s'arrête pas là. Il arrive, surtout dans les administrations d'Etat, que la réalisation de températures garanties dans un bureau est considérée par l'employé comme un droit opposable à l'employeur; ceci est encore, dans une certaine mesure, légitime, mais une insuffisance de 1°C aux alentours de 18 ou 20°C est parfois considérée comme grave. Or, quel est le biologiste ou le médecin qui peut, à l'heure actuelle, nous indiquer à $\pm 5\%$ près, la température (même résultante) qui convient à tel vêtement et à tel mode d'activité ? Ce caractère arbitraire du programme

de température paraît sans inconvénient dès qu'il s'agit de comparaisons des sources d'énergie faites sur les mêmes bases, mais il faut examiner les choses de plus près. Un usager qui n'est plus lié par un programme de caractère, en quelque sorte réglementaire : l'occupant d'un appartement par exemple, peut très bien, par temps doux, se contenter de la température intérieure qui règne en l'absence de chauffage, même si elle se trouve notablement inférieure à la température traditionnelle. On retrouve ici l'avantage signalé au paragraphe précédent pour les sources qui permettent des interruptions et des rétablissements faciles.

Conclusions.

I. — Valeur et portée des comparaisons économiques.

1^o La comparaison, à priori, des sources d'énergie implique un parti pris toujours discutable quant aux valeurs numériques des rendements qui interviennent dans le fonctionnement d'une installation de chauffage. Le rendement du réglage de l'émission est particulièrement important et difficile à apprécier. Cette difficulté se trouve accrue quand on passe du régime continu au régime intermittent.

2^o L'appréciation des dépenses de main-d'œuvre est arbitraire pour les installations domestiques utilisant les combustibles solides. Ces dépenses sont souvent négligées, mais si l'on prend en compte le temps passé au service du chauffage avec un salaire horaire normal on grève considérablement les frais d'exploitation.

3^o Aux facilités particulières d'interruption et de rétablissement de certains modes de chauffage correspondent des avantages d'ordre économique qui ne peuvent être pris en compte dans les calculs (températures extérieures élevées, réductions admissibles en pratique du programme de température intérieure).

4^o Les considérations d'ordre économique ne sont pas seules à intervenir, surtout dans le chauffage domestique; des considérations de confort et de commodité peuvent légitimement dicter le choix de l'usager; c'est là un avantage souvent invoqué et d'ailleurs indéniable en faveur du gaz et de l'électricité.

5^o Bien que les remarques ci-dessus prédisposent peu à l'optimisme, il semble que l'on peut accorder un double intérêt aux comparaisons économiques, à priori, des sources d'énergie.

a) Elles fournissent l'occasion d'un inventaire assez complet des éléments susceptibles d'influencer les frais annuels d'exploitation.

b) Les frais relatifs à deux solutions sont assez souvent très différents et il est alors difficile de refuser à une telle différence toute signification malgré l'insuffisance des hypothèses de base.

II. — Influence de la puissance de l'installation sur le choix de la source.

Cette influence se manifeste sous deux aspects différents :

a) Pour les combustibles liquides le prix de l'énergie utile (ou distribuée) est relativement élevé dans le cas des petites installations en raison, d'une part de la nature du combustible utilisé (fuel domestique) et d'autre part de l'importance relative des frais d'équipement spécial

(¹) Dans la mesure où les conditions de garantie sont expérimentalement vérifiables, ceci est très discutable et d'ailleurs en dehors de mon sujet.

(brûleur, réservoir). Pour les combustibles solides, la situation est notablement différente et les équipements spéciaux pour grains maigres fournissent encore des solutions économiques dans le cas des faibles puissances.

b) Si l'on accepte assez facilement les sujétions de surveillance, de manutention de combustible, de décrassage, de stockage pour une installation importante, il n'en est pas de même dans le chauffage domestique et c'est ce qui peut justifier dans ce cas le recours assez fréquent au gaz et à l'électricité.

Ces considérations ont conduit à diviser les puissances en trois classes : *forte, moyenne et faible*; ces qualificatifs sont précisés par les exemples numériques qui figurent aux § I, II et III de la page 958 (1 000 000, 150 000, 25 000 kcal/h). La comparaison a porté pour les installations fortes et moyennes sur les combustibles solides et liquides, pour les petites installations sur les quatre sources d'énergie.

III. — Fortes puissances.

Si les tableaux III et IV révèlent le plus souvent un avantage des combustibles liquides, les différences, en général, restent faibles.

IV. — Moyennes puissances.

L'influence des frais d'équipement se fait déjà fortement sentir pour les combustibles liquides, de sorte que les combustibles solides l'emportent dans la majorité des cas (tableau V, on ne perdra pas de vue que ce tableau donne les prix de l'unité de *l'énergie utile* alors que les tableaux III et IV donnent les prix de l'unité de *l'énergie distribuée*).

V. — Faibles puissances.

Suivant le tarif et le type d'appareil utilisé, le chauffage électrique conduit à des prix de l'unité d'énergie utile extrêmement variables (rapport de 1 à 3).

Dans les cas qui lui sont *favorables* l'énergie électrique apparaît comme légèrement plus avantageuse que le gaz; la différence est peu significative.

Le fuel domestique n'est pas beaucoup plus économique que l'énergie électrique dans les cas favorables à cette dernière. On retrouve ici l'influence déjà signalée des

frais de premier établissement pour les équipements spéciaux aux combustibles liquides.

Les grains maigres fournissent les solutions les plus avantageuses avec des écarts tels par rapport aux autres sources que cet avantage paraît difficilement contestable.

Toutes les comparaisons qui précèdent supposent les installations pourvues de *bonnes régulations automatiques*. Le coke utilisé avec *régulation manuelle* peut n'être pas notablement plus économique que le gaz ou l'électricité. Ainsi apparaît l'influence considérable du rendement du réglage de l'émission sur l'utilisation d'un combustible peu coûteux mais qui se prête mal à la régulation automatique.

En définitive, les petites installations apparaissent comme le domaine d'emploi raisonnable du gaz et de l'électricité, quand les tarifs sont suffisamment favorables et quand l'usager veut s'affranchir des inconvénients inhérents à l'emploi des combustibles solides (stockage, chargement, décrassage).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Communications au IV^e Congrès International du Chauffage Industriel :

- [1] CHARMELOT (M.), Les combustibles solides dans le chauffage des locaux (mars 1953).
- [2] BRUNET (M.), L'utilisation des combustibles liquides pour le chauffage des locaux (avril 1952).
- [3] BERTIN (A.), L'utilisation des combustibles gazeux pour le chauffage des locaux (mai 1952).
- [4] VEDERE (E.), L'utilisation de l'énergie électrique pour le chauffage des locaux (mai 1952).
- [5] GIBLIN (R.), Comparaison des sources d'énergie utilisant le chauffage central. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* (juillet 1952).

Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics :

- [6] CADIERGUES (R.), MOREL (B.) et DAUDIN (M.), Méthodes pratiques de calculs des puissances en chauffage discontinu (mars 1952).

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Je remercie très vivement l'Ingénieur général GIBLIN de sa communication si fouillée où tous les facteurs ont été pris en considération, ce qui montre la complexité de ce problème. D'ailleurs, le silence religieux dans lequel il a été écouté montre l'intérêt que le sujet a suscité, ainsi que la très grande autorité du conférencier.

LE PRÉSIDENT. — *Avant d'entendre M. FORTAIN, je crois qu'il serait utile d'entendre M. JARRIER qui nous a demandé d'intervenir dans la discussion.*

INTERVENTION DE M. JARRIER

Ingénieur en Chef à la Régie des Mines de la Sarre.

Je ne veux pas discuter des comparaisons économiques, parce que cela n'est pas mon rôle, ni mon but.

Je voudrais seulement dire que, dans la Sarre, nous avons fait au cours de ces dernières années, beaucoup d'installations nouvelles de chauffage, qui sont destinées à brûler du charbon flambant. C'est une préoccupation générale en France maintenant, étant donné le développement du bassin lorrain d'une part et de la Sarre d'autre part, qui sont le prolongement l'un de l'autre, avec l'augmentation de production de ces bassins. Les progrès qui ont été faits dans la préparation du charbon doivent permettre de brûler le plus possible de ces combustibles nationaux.

Les hautes teneurs en matières volatiles de ces charbons nous ont obligés à étudier spécialement leur combustion, en particulier, rechercher des volumes de chambres de combustion suffisants, étant donné que nous sommes nous-mêmes de grands consommateurs, avec environ 150 000 t par mois brûlés dans nos propres chaudières. Nous avons été amenés à demander aussi des conseils aux constructeurs d'appareils, chaudières et foyers, et à établir avec eux la collaboration la plus étroite.

Je crois qu'il est absolument indispensable que les constructeurs de chaudières, les constructeurs de foyers,

les architectes, les usagers et le fournisseur de combustibles se mettent bien d'accord pour chercher à obtenir des installations donnant les meilleurs rendements possibles. Nous avons, dans ce but, créé dans la Sarre, un poste mobile de contrôle thermique, que vous avez peut-être pu voir circuler; il a opéré naturellement dans l'Est, mais aussi dans la région parisienne, en Bourgogne, à Lyon, etc., dans le but d'aider les usagers à connaître comment fonctionne leur installation. Ce n'est pas pour apporter des critiques à ceux qui font ces installations, mais pour voir avec eux comment on peut adapter les charbons aux appareils, les appareils aux charbons et ce poste s'est révélé si utile qu'il va y en avoir d'autres en France. Je sais que l'Office de chauffe rationnelle en construit un qui pourra être mieux. Mais enfin, je crois qu'il est indispensable de disposer d'organes de contrôle et par conséquent, nous sommes très heureux quand on fait appel à nous pour connaître le comportement d'une chaufferie.

Nous avons également créé, à Sarrebrück, une petite station expérimentale, très modeste, pour les appareils de chauffage domestique. Au dernier Congrès de Chauffage Industriel, notre collaborateur, M. LAVAUX, a fait une communication à ce sujet, je n'y reviendrai donc pas.

Je remercie M. JARRIER. La Sarre est le symbole de l'Europe et c'est pourquoi nous nous devons de faire des efforts pour essayer de brûler le charbon sarrois.

CHOIX DE LA QUALITÉ DU COMBUSTIBLE LIQUIDE POUR LE CHAUFFAGE DES LOCAUX

Par M. P. FORTAIN

Directeur du Centre du Mazout.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

M. FORTAIN, que vous connaissez comme un très grand spécialiste des combustibles liquides est un Ingénieur civil des Mines, il était donc prédestiné par sa formation à se spécialiser dans les combustibles. Actuellement il est Directeur du Centre du mazout ; sa compétence l'a fait désigner comme membre de la Commission envoyée aux États-Unis pour l'utilisation rationnelle de l'énergie ; avec une autorité à laquelle nous rendons tous hommage, il va préciser les conditions optimales d'emploi des différents fuels mis à notre disposition par l'industrie française.

M. FORTAIN, nous vous écoutons avec plaisir.

Introduction.

Le problème qui consiste à définir des règles permettant de fixer la nature du combustible pour une installation de chauffage présentant des caractéristiques bien définies a déjà fait l'objet de nombreuses études et discussions.

Si certains principes semblent être reconnus par tous, par contre, le nombre de paramètres qui peuvent orienter le choix est tel qu'il ne peut être question d'aboutir à une codification à caractère absolu.

D'autre part, l'importance relative de certains de ces facteurs et leur conséquence sur le choix final peuvent correspondre à des interprétations légèrement différentes.

Enfin, il apparaît que chaque équipement doit être considéré comme un cas particulier, la solution devant tenir compte de conditions techniques et d'utilisation qui peuvent être propres à chaque installation.

Le Centre du Mazout a été chargé de réunir les avis des spécialistes des Sociétés de Pétrole et d'en faire la synthèse afin de présenter « l'opinion moyenne des techniciens du pétrole » sur le problème considéré.

Chacun estime que l'application des quelques conseils et préconisations faisant l'objet de la présente communication doit permettre — dans la majorité des cas — d'assurer le bon fonctionnement d'une installation convenablement réalisée pour l'utilisation de la qualité de combustible liquide choisi.

* * *

Pour une installation déterminée, le choix fait notamment intervenir :

La nature et le prix du combustible liquide;
La puissance calorifique de l'installation;
Les caractéristiques des générateurs et de leur équipement.

Nature et prix du combustible liquide.

L'industrie du pétrole en France met à la disposition des usagers pour le chauffage des locaux, quatre qualités de combustibles liquides classés commercialement en deux groupes :

Les fuel-oils fluides comprenant le fuel-oil domestique et le fuel-oil léger;

Les fuel-oils lourds : fuel-oil lourd n° 1 et fuel-oil lourd n° 2.

A cette liste devrait s'ajouter le gas-oil qui représente dans le monde la qualité la plus couramment employée, mais les taxes fiscales très lourdes qui frappent ce produit du fait que les Pouvoirs Publics l'assimilent systématiquement à un carburant, rendent son emploi trop onéreux pour le chauffage des locaux.

De nombreuses démarches sont actuellement en cours (révision de la fiscalité des carburants, réalisation d'un gas-oil « chauffage ») dont l'aboutissement permettrait aux petites utilisations (appareils domestiques, poèles, cuisinières, petits chauffages centraux) de retrouver la disposition de la qualité de combustible liquide qui est techniquement la plus indiquée pour elles.

Les fuel-oils sont des mélanges en diverses proportions de gas-oil et de fuel-oil lourd.

Les caractéristiques qui nous intéressent dans cet exposé sont réunies dans le tableau ci-après.

TABLEAU I.

CARACTÉRISTIQUES	FUEL-OIL			
	Domestique	Léger	Lourd	
			n° 1	n° 2
Viscosité Engler { à 20° C (maximum) à 50° C	1,8	6,5	—	—
Point de congélation (minimum)	— 3	0	—	—
Pouvoir calorifique { supérieur. (environ) inférieur.	10 700 10 100	10 500 9 900	10 300 9 700	10 200 9 600
Écart de prix (francs/tonne) (1 ^{er} mars 1953).....	— 3 670	— 2 110	— 710	

La valeur de la viscosité — à 20° C pour les fuel-oils fluides et à 50° C pour les fuel-oils lourds — suffit à caractériser chaque produit au point de vue commercial.

Toutefois, un constructeur ne saurait étudier rationnellement une installation sans tenir compte de la variation de cette viscosité en fonction de la température.

Le point de congélation ne constitue qu'une simple indication d'ailleurs assez mal définie et assez peu significative.

La pratique montre qu'on obtient toute sécurité dans le fonctionnement d'une installation lorsque la température du combustible utilisé ne descend à aucun moment en dessous d'un minimum de sécurité qui semble être dans les cas les plus favorables :

0° C pour le fuel-oil domestique;
+ 10° C pour le fuel-oil léger.

Pour les installations qui se trouvent dans des conditions difficiles ou dans l'obligation d'avoir un stockage extérieur au bâtiment ou enfin, situées dans des zones à climat exceptionnellement rigoureux, il est recommandé de prévoir un dispositif de réchauffage.

Pour les fuel-oils lourds on admet que dans les installations prévues pour consommer cette qualité, des dispositions sont prises pour que le combustible soit maintenu à une température d'au moins 50° C en tous points de l'installation.

Enfin, le tableau I indique les écarts de prix qui existent au 1^{er} mars 1953 entre les différentes qualités.

Il n'est pas possible de préciser si, dans l'avenir, ces différences seront maintenues, augmentées ou diminuées.

On conçoit cependant que sur les bases actuelles on puisse hésiter sur le choix d'un combustible, l'économie réalisée par l'achat d'un produit moins fluide pouvant — dans certains cas — compenser favorablement l'augmentation de dépense résultant de l'adaptation de l'installation et éventuellement d'un surcroît de frais d'exploitation et d'entretien.

Puissance calorifique de l'installation.

D'après la puissance calorifique, les installations de chauffage peuvent être groupées en France en quatre grandes catégories, en dehors de certains cas exceptionnels :

— Les *constructions isolées* dont la puissance de la chaudière ne dépasse généralement pas 25 à 30 000 kcal/h.

A ce groupe peuvent être rattachés les chauffages centraux d'appartement et, également, les chauffages par appareils individuels.

— Les *constructions isolées importantes* et les *maisons à plusieurs étages* comme on en rencontre dans les villes de moyenne importance, dont la puissance de la chufferie ne dépasse guère 80 000 kcal/h;

— Certaines *constructions des grands centres urbains* dont la puissance de la chufferie peut atteindre 250 000 kcal/h;

— Enfin, les *grosses constructions* dans les villes importantes, les *grandes réalisations collectives* (hôpitaux, sanatoria, grands hôtels, etc.) et les *immeubles formant îlot à chufferie centralisée*.

Caractéristiques des générateurs et de leur équipement.

Les appareils générateurs que l'on rencontre dans les installations de chauffage central des locaux communaux :

Les *chaudières monobloc* ;
Les *chaudières sectionnées* ; chaudières à grand foyer;
Les *chaudières spéciales* ;
Les *chaudières de type industriel* ;
Les *générateurs d'air chaud*.

La puissance maximum des *chaudières « Monobloc »* est de l'ordre de 30 000 kcal/h.

Les *chaudières sectionnées* couvrent pratiquement au-dessus de 10 000 kcal/h et jusqu'à un maximum de 500 à 700 000 kcal/h la gamme de puissance rencontrée dans les installations de chauffage.

D'une façon générale et dans chaque type, les chaudières à grille mobile sont plus faciles à équiper.

De toutes les chaudières en fonte, ce sont celles à grand foyer qui se prêtent le mieux à l'adaptation à la chauffe au mazout car la chambre de combustion de grandes dimensions donne toutes possibilités à la flamme pour se développer.

En outre, le départ des fumées par le haut améliore les échanges calorifiques, car il oblige les gaz à effectuer un parcours suffisamment long avant la sortie de la chambre de combustion.

Les chaudières à magasin nécessitent généralement un aménagement pour l'obtention d'une chambre de combustion suffisante pour le développement normal de la flamme du mazout.

On peut éventuellement tourner la difficulté par l'adjonction de quelques éléments ce qui permet d'augmenter le volume disponible de chambre de combustion.

Les *chaudières en acier* comprennent :

— D'une part, une catégorie de chaudières à chambre de combustion de grand volume pouvant être facilement équipées de brûleurs à mazout;

— D'autre part, des chaudières à fonctionnement automatique comportant intérieurement une trémie à charbon et une grille dont la disposition est telle que ce dernier type de chaudière est difficilement transformable.

Enfin, on ne rencontre en général aucune difficulté pour l'équipement des *chaudières du type industriel* de grande puissance.

Les *générateurs d'air chaud* comprennent :

— Soit des types anciens dont les chambres de combustion sont généralement d'un volume restreint et dont l'adaptation à la chauffe au mazout oblige à des aménagements (par exemple, réfection de la chambre de combustion);

— Soit des réalisations nouvelles conçues à une époque où le mazout avait pris place comme combustible et de ce fait pourvues de chambres de combustion largement dimensionnées pour lesquelles il n'existe aucune difficulté d'équipement.

Les brûleurs équipant ces chaudières présentent les types suivants :

Brûleur automatique à « Tout ou rien »;
Brûleur à variation de débit | réglage progressif;
Brûleur à réglage manuel.

Dans la pratique jusqu'à 250 000 kcal/h le brûleur automatique à « Tout ou Rien » est généralement choisi quoique, pour des puissances inférieures, on rencontre également des brûleurs à réglage par variation de débit.

Les anciens générateurs d'air chaud à cloche d'une puissance généralement inférieure à 60 000 kcal/h peuvent être équipés de brûleurs automatiques à réglage par « Tout ou Rien » à condition qu'ils soient sans soufflage, en raison des émissions accidentelles de gaz qui pourraient se produire dans le circuit d'air à chaque réallumage.

La proportion d'installations comprenant des brûleurs à réglage par variation de débit croît par rapport aux brûleurs à « Tout ou Rien » dans la catégorie suivante : 250 000 à 500/700 000 kcal/h.

Pour les puissances dépassant 500 000 kcal/h on rencontre surtout les brûleurs par variation de débit.

Préconisation.

La préconisation de la qualité du combustible liquide résulte du tableau ci-après.

Lorsqu'il s'agit de générateurs à grille fixe et pour tenir compte de la moindre facilité d'équipement, on pourra être amené dans certains cas particuliers à choisir une qualité plus fluide que celle qui est préconisée.

Nous insistons toutefois vivement sur le fait qu'il s'agit dans l'ensemble d'une estimation de « prudence » et que certaines réalisations spécialement étudiées peuvent consommer des qualités plus lourdes.

TABLEAU II. — PRÉCONISATION MOYENNE.

TYPES D'APPAREILS		PUISSEANCE	TYPES DE RÉGLAGE de brûleurs		COMBUSTIBLE		
CHAUDIÈRES ORDINAIRES (fonte).	Petites chaudières verticales monobloc.	Petite puissance.	Tout ou Rien.	F. O. D.			
		Jusqu'à 80 000 kcal/h.	Tout ou Rien.	F. O. D.			
		De 80 000 à 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	F. O. D.	<i>F. O. L.</i>		
	A grand foyer et à départs de fumées par le haut.	Au-dessus de 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.		<i>F. O. L.</i> <i>F. O. L.</i>	<i>F. O. I.</i> <i>F. O. I.</i>	
		Jusqu'à 80 000 kcal/h.	Tout ou Rien.	F. O. D.			
		De 80 000 à 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	F. O. D.	<i>F. O. L.</i>		
	A foyer magasin et à départs de fumées par le bas.	Au-dessus de 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	<i>F. O. D.</i> <i>F. O. D.</i>	<i>F. O. L.</i> <i>F. O. L.</i>		
		Jusqu'à 80 000 kcal/h.	Tout ou Rien.	F. O. D.			
		De 80 000 à 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	F. O. D.	<i>F. O. L.</i>		
	CHAUDIÈRES SPÉCIALES (acier).	Au-dessus de 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.		<i>F. O. L.</i> <i>F. O. L.</i>	<i>F. O. I.</i> <i>F. O. I.</i>	
		Jusqu'à 80 000 kcal/h.	Tout ou Rien.	F. O. D.			
		De 80 000 à 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	F. O. D.	<i>F. O. L.</i>		
CHAUDIÈRES DU TYPE INDUSTRIEL	Grandes puissances.	Variation de débit. Réglage manuel.				<i>F. O. I.</i> <i>F. O. I.</i>	<i>F. O. 2.</i> <i>F. O. 2.</i>
	Jusqu'à 80 000 kcal/h.	Tout ou Rien.	F. O. D.				
	De 80 000 à 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.	F. O. D.	<i>F. O. L.</i>			
GÉNÉRATEUR D'AIR CHAUD	Au-dessus de 250 000 kcal/h.	Tout ou Rien. Variation de débit.		<i>F. O. L.</i> <i>F. O. L.</i>			

NOTA. — Dans certains cas, une seule qualité figure.

Dans d'autres, il y a possibilité d'option entre deux qualités, mais la préconisation en italique représente celle à laquelle on estime devoir accorder la préférence.

La situation géographique de l'installation peut intervenir pour modifier cette préconisation.

Depuis la Libération, le réseau de distribution des produits pétroliers n'a cessé d'être amélioré.

Les Sociétés de Pétrole sont en mesure de livrer dans la plupart des régions sans aucune réserve, des combustibles liquides correspondant au choix des usagers.

Cependant, dans certaines régions, des difficultés peuvent survenir dans l'approvisionnement par petites quantités des qualités lourdes.

Dans ces cas — d'ailleurs exceptionnels — il serait souhaitable que l'installateur et l'usager s'informent auprès des pétroliers — préalablement à la réalisation d'une installation — des possibilités d'approvisionnement, principalement lorsque le stockage prévu est de faible importance.

L'examen du tableau ci-dessus permet de faire les remarques suivantes :

1^o Pour les petites installations — c'est-à-dire n'atteignant pas une puissance de 80 000 kcal/h — on préconise le fuel-oil domestique en se rappelant que dans tous les autres pays du monde on consomme le plus souvent pour cette gamme de puissance des qualités de combustible liquide extrêmement légères.

L'utilisation du fuel-oil léger pour des puissances plus faibles ne se heurte cependant pas à une impossibilité technique.

Cependant cette utilisation nécessite un certain nombre d'aménagements pouvant intéresser la chambre de combustion, le brûleur et même le stockage dont le coût peut être éventuellement hors de proportion avec le bénéfice que l'on retire normalement de la substitution du fuel-oil léger ou fuel-oil domestique.

Pour être complet, on mentionnera le cas des chaufferies comportant une petite chaudière pour service sanitaire et une ou plusieurs chaudières nettement plus importantes.

Dans ce cas, il est souhaitable que l'agencement permette que le même combustible alimente la totalité de l'installation.

2^o Pour les installations dont la puissance est comprise entre 80 000 et 250 000 kcal/h on choisit de préférence le fuel-oil léger, avec cependant un retour au fuel-oil domestique pour les chaudières à magasin à grille fixe.

3^o Pour la troisième classe de puissance c'est-à-dire au-dessus de 250 000 kcal/h sans atteindre toutefois les grandes puissances, on recommande l'utilisation du fuel-oil léger pour les installations comportant des chaudières à magasin ou des générateurs d'air chaud.

Dans les autres cas, qui constituent la très grande majorité, l'emploi de fuel-oils lourds à l'aide de brûleurs à réglage par « Tout ou Rien » ne rencontre pas l'unanimité en raison principalement de la plus grande complexité du matériel.

Par contre, on conçoit fort bien des brûleurs à fuel-oil lourd fonctionnant en progressif ou en « Tout ou Peu » pour des puissances unitaires de chaudières descendant même en dessous de 250 000 kcal/h pour une puissance globale au moins égale à 300 000 kcal/h, sous réserve que l'économie réalisée sur le combustible couvre l'amortissement du matériel, d'un prix plus élevé et les frais d'entretien également plus forts.

4^o Enfin, pour les chaudières de grande puissance de caractère industriel, constituant normalement des installations bien conçues, pourvues d'équipement de

réchauffage suffisant, on préconise les qualités les plus lourdes pouvant être approvisionnées.

Règles d'équipement.

Lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre des fuel-oils lourds n° 1 et n° 2, c'est-à-dire dans des chaufferies dont la puissance totale dépasse 250 000 kcal/h, l'installateur réalise un équipement dans lequel tout est prévu pour la mise en température du mazout contenu dans la citerne, le maintien de cette température dans les canalisations, de telle façon que l'arrivée de combustible au brûleur se fasse normalement, quelles que soient les conditions atmosphériques extérieures et la température du liquide au moment de la livraison.

Pour le fuel-oil léger, l'ambiance dans laquelle doit se trouver la cuve contenant le fuel-oil léger et les canalisations doit être maintenue à une température d'au moins 10° C, ce qui correspond d'ailleurs sensiblement à la limite inférieure de possibilité des pompes équipant les brûleurs, le combustible présentant alors une viscosité Engler de l'ordre de 14°.

Ceci condamnerait, en principe, les stockages placés à l'extérieur du bâtiment à chauffer — qu'ils soient ou non enterrés — et même les stockages intérieurs placés dans des courants d'air froid, à moins qu'un réchauffeur à 30° C, au droit de la crêpine puisse être utilisé lorsque le fuel-oil est refroidi en dessous de la limite indiquée précédemment.

D'autre part, il est à remarquer qu'après un plein, une citerne met très longtemps à se mettre en équilibre de température avec l'ambiance.

Il en résulte que pour le bon emploi du fuel-oil léger, chaque installation devrait par prudence être munie d'un réchauffage de crêpine efficace même si cet équipement ne doit fonctionner qu'exceptionnellement.

Les canalisations reliant citernes et brûleurs doivent être les plus courtes possibles, d'une section suffisante, et d'un parcours soigneusement étudié pour éviter les contre-pentes, la multiplicité de coudes brusques et le passage dans des zones particulièrement froides à moins qu'un calorifugeage efficace soit prévu.

Enfin, les filtres équipant l'installation doivent être d'une dimension appropriée au débit et à la qualité du combustible choisi.

Il serait prudent dans certains cas particuliers d'utilisation du fuel-oil domestique, de suivre les conseils qui précèdent.

Règles d'entretien.

Quel que soit le combustible utilisé, il est indispensable que certaines règles d'entretien soient observées.

Il est en effet inévitable qu'avec le temps des dépôts se forment dans le fond des réservoirs.

La législation en vigueur depuis le mois de décembre 1952 confirme la possibilité « d'avoir un robinet de purge à la partie inférieure du réservoir ».

Il est souhaitable que les installations nouvelles soient munies de ce dispositif afin qu'une purge systématique puisse être effectuée avant tout remplissage, comme cela se pratique depuis longtemps dans les pays étrangers qui consomment cependant des produits plus légers que la France.

Le nettoyage périodique des cuves reste cependant une nécessité, même dans les installations comportant un dispositif de purge.

Quant à la cadence de nettoyage, elle dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont la catégorie de combustible utilisé et le débit de consommation.

On peut l'estimer en moyenne à deux ans dans le cas d'utilisation de fuel-oil léger ou de fuel-oil lourd et de trois à quatre ans pour le fuel-oil domestique.

Enfin, il est indispensable que les filtres soient démontés périodiquement et soigneusement nettoyés, et pour les installations d'une certaine importance, il serait opportun d'envisager deux filtres de façon à permettre le démontage de l'un d'eux sans être dans l'obligation d'arrêter l'installation.

Conclusion.

La présente communication n'apporte rien de nouveau en dehors des grands principes qui ont été énoncés au IV^e Congrès International du Chauffage Industriel en septembre 1952 par deux éminents techniciens de l'industrie du pétrole qui ont d'ailleurs collaboré à l'étude en commun.

En principe, le *fuel-oil domestique* est le combustible le plus souvent préconisé pour des puissances inférieures à 80 000 kcal/h.

Le domaine du *fuel-oil léger* s'étend de 80 000 à 250 000 kcal/h.

Enfin, le *fuel-oil lourd* fait son apparition au-delà de 250 000 kcal/h.

Des glissements d'une qualité à la qualité immédiatement voisine peuvent être provoqués par certaines considérations.

— Le glissement sur une qualité plus fluide est parfois nécessaire lorsque l'adaptation des générateurs est moins facile ou que l'approvisionnement par petites quantités peut présenter certaines difficultés.

— Par contre, le remplacement d'une qualité par la qualité plus visqueuse peut être favorablement envisagé lorsque l'économie que l'on peut réaliser dans l'achat du combustible compense de façon certaine — non seulement les frais supplémentaires correspondant à un équipement rationnellement prévu pour l'utilisation de cette qualité de combustible — mais encore les frais d'entretien qui peuvent augmenter.

Mais il faut reconnaître qu'en fait, chaque installation constitue un cas particulier.

C'est la pratique seule qui peut apporter une solution au problème posé.

Les techniciens de l'industrie du pétrole, qui ont une longue expérience des problèmes de chauffage, estiment que l'application des quelques règles énoncées — sans être la solution idéale — permettra dans la quasi totalité des cas, un fonctionnement convenable et sûr de chaque installation.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Je remercie très vivement, en votre nom, M. FORTAIN de sa communication très documentée et je suis surtout très intéressé par le tableau qui vient d'être projeté ⁽¹⁾ parce que cette recette, comme le dit modestement M. FORTAIN, établie par les personnes les plus compétentes en France, est certainement la solution la plus opportune. Ce que je crains c'est que d'ici quelques mois, on objecte que le tableau en question est vieux et périmé. Je voudrais demander s'il pourrait être tenu à jour au Centre du mazout, où il pourrait être demandé en communication, le cas échéant. Je me souviens, avoir préconisé il y a quelques années le fuel léger pour alimenter des générateurs à air chaud d'environ 300 000 kcal/h. L'installateur du brûleur a été d'un avis contraire et a réalisé une véritable usine pour réchauffer son mazout. J'en ai parlé à l'époque à M. BRUNET, mais si j'avais eu un document comme celui qui vient de nous être présenté, j'aurais peut-être pu faire pression sur l'installateur, car vraiment il semble que l'installation ne méritait pas une réalisation aussi compliquée.

M. FORTAIN. — Ce papier va être diffusé par nos soins. En ce qui nous concerne, nous avons bien l'intention de le tenir à jour. J'insiste bien pour que cette préconisation soit considérée comme une préconisation moyenne, que des solutions en dehors de ce tableau peuvent être envisagées sans que cela puisse nous être reproché en raison du fait qu'il est possible que d'autres choix soient fort rationnels parce qu'ils tiennent compte de certaines caractéristiques toutes spéciales de certaines installations. Je tiens cependant à dire que le facteur économique intervient dans ces tableaux et qu'on peut, dans une « usine », comme vous venez de le dire, réaliser une installation très convenable consommant une qualité plus lourde que celle qui figure là-dessus, mais il est possible que l'amortissement de cette « usine » soit en disproportion avec le bénéfice réalisé sur la qualité de combustible.

M. LE PRÉSIDENT. — Et au fond, c'est le critère définitif ; car il ne faut pas compliquer l'installation quand ce n'est pas payant.

Je vous remercie ; le cas échéant, nous pourrons citer comme référence le Centre du mazout et demander au 51, boulevard de Courcelles la communication de ce tableau.

Je remercie encore M. FORTAIN.

⁽¹⁾ Tableau II, p. 965.

LES GAZ LIQUÉFIÉS DE PÉTROLE, BUTANE ET PROPANE

Par M. J. HARLÉ

Chef de service à la Société pour l'Utilisation Rationnelle des Gaz.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

M. HARLÉ, qui est un jeune Ingénieur des Arts et Manufactures, s'est spécialisé dans les combustibles gazeux, particulièrement le butane et le propane. Leur emploi est évidemment encore peu répandu dans le chauffage en France, le butane étant surtout employé pour la cuisson des aliments. Un bel avenir semble promis aux combustibles gazeux pour le chauffage intermittent des édifices et, en particulier, en Italie puisque nous venons d'apprendre que le méthane, s'y « répandait » partout. Diverses objections ont été faites au sujet de la combustion directe du propane pour le chauffage dans les édifices publics ; la question est actuellement suivie attentivement par la « Direction de la protection civile » et nous pensons que d'ici quelques semaines une réglementation précisera les conditions de développement de ces installations.

Place actuelle du butane et du propane sur le marché français des combustibles.

La vente du butane et du propane a commencé en France en 1932. Le butane a été utilisé pour de petites utilisations domestiques, grâce à la simplicité de l'installation, tandis que le propane, pour l'utilisation complète de ses qualités particulières, a été consacré à des utilisations industrielles.

La source principale de production des gaz liquéfiés de pétrole en France est le traitement des bruts pétroliers dans les raffineries de la Métropole : ce traitement produit des quantités de butane considérablement supérieures aux quantités de propane.

En ce qui concerne le butane, les chiffres suivants montrent l'accroissement surprenant des ventes en France (fig. 1) :

Tonnage butane vendu en 1932	243 t
— en 1939	46 000 t
— en 1952	196 000 t

En ce qui concerne le propane, la production a augmenté considérablement après la guerre, avec la mise en marche de nouvelles unités dans les raffineries. Cette augmentation a provoqué des recherches de nouveaux débouchés, soit dans l'industrie, soit pour des usages non industriels.

Pour l'utilisation du propane dans les immeubles habités, les Pouvoirs Publics ont fixé une réglementation imposant aux installations un certain nombre de conditions de sécurité.

Cette réglementation découle de l'arrêté du 17 juin 1949 et de la Convention de 1950 et décide, entre autres conditions, que les bouteilles de propane doivent toujours être placées à l'extérieur des immeubles habités et que la distribution de gaz à l'intérieur de l'immeuble doit se faire par canalisation métallique rigide.

Les chiffres montrent ici encore une extension rapide du marché (fig. 2) :

Tonnage propane vendu en 1939	1 500 t
— en 1949	6 000 t
— en 1952	18 000 t

Le tonnage des gaz liquéfiés vendus en France en 1952 représente un total de $2 461 \times 10^9$ mth.



Fig. 1.
Ventes butane en tonnes.

Sur ce chiffre, les ventes de butane, qui sont pratiquement exclusivement destinées aux usages domestiques, représentent :

$$2 254 \times 10^9 \text{ mth.}$$

A titre de comparaison, on peut noter que les ventes de gaz de France pour les usages domestiques ont été, en 1951, de :

équivalent à :

$$1 768 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$7 425 \times 10^9 \text{ mth.}$$

Par ailleurs, les prévisions de vente de charbon pour les usages domestiques en 1953 sont de

18×10^6 t

équivalant à

$108\,000 \times 10^6$ mth.

Si l'on tient compte de ce que, dans ce dernier chiffre, les utilisations de charbon dans les grosses installations de chauffage central (où les gaz liquéfiés ne peuvent convenir) représentent une proportion importante, la comparaison de ces chiffres montre la part non négligeable que tendent à prendre, sur le marché des combustibles, les gaz liquéfiés de pétrole.

Par contre, on constate que la quantité de calories consommée par utilisateur est beaucoup plus faible dans le cas des gaz de pétrole que dans le cas du gaz de ville : le rapport est d'environ 1 à 3 en faveur du gaz de ville.

Cela tient à ce que le butane, à l'origine, a été considéré comme un combustible d'appoint, qui venait concurrencer principalement la lampe à alcool ou le réchaud à pétrole ou à essence gazéifiée. Ce n'est que beaucoup plus tard que le butane a commencé à entrer dans les mœurs comme combustible de base pour la cuisine ou la production d'eau chaude.

La même évolution se fait d'ailleurs également sentir en ce qui concerne le propane qui, dans l'industrie, a commencé par être un combustible de petite utilisation (flambage des tissus, coupage du verre, oxycoupage, etc.) et commence seulement maintenant à devenir un combustible de grande chauffe industrielle (par exemple un four de chauffe de largets avant laminage de 240 kg/h de consommation vient d'être mis en route).

Caractéristiques physico-chimiques des gaz liquéfiés.

Butane et propane sont des produits commerciaux et non des produits chimiques purs et, comme tous les

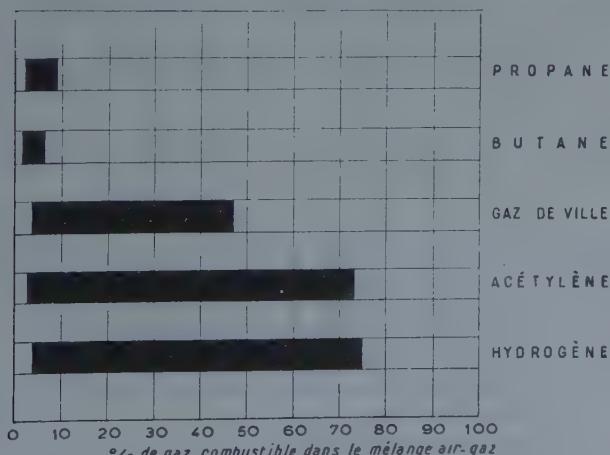


FIG. 3. — Limites d'inflammabilité des gaz.

produits pétroliers ce sont des fractions contenant un mélange d'hydrocarbures définis par des propriétés globales et non par une composition pondérale. Il en résulte que les caractéristiques des produits peuvent varier suivant leur origine et leur mode d'élaboration.

Les caractéristiques moyennes sont les suivantes :

	PROPANE	BUTANE	GAZ de ville
Pouvoir calorifique inférieur (mth/kg)	11 500	11 500	
Pouvoir calorifique inférieur (mth/m ³)	23 000	30 000	4 200
Poids spécifique liquide (kg/l) ..	0,500	0,530	
Poids spécifique gaz (kg/m ³) ..	2,0	2,6	0,65
Densité par rapport à l'air ..	1,6	2,0	0,5
Limite d'inflammabilité % (fig. 3)	2,4 à 9,3	1,9 à 6,5	4 à 47
Vitesse maximum de propagation m/s, tube de 2,5 cm (fig. 4)	80	80	160
Température d'ébullition à la pression atmosphérique (fig. 5)	— 44	— 3	

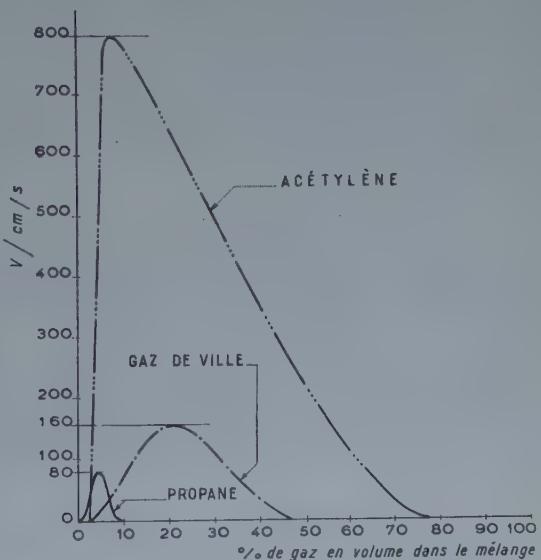


FIG. 4. — Courbes approximatives de vitesses maximales de propagation de flamme (tube de 2,5 cm).

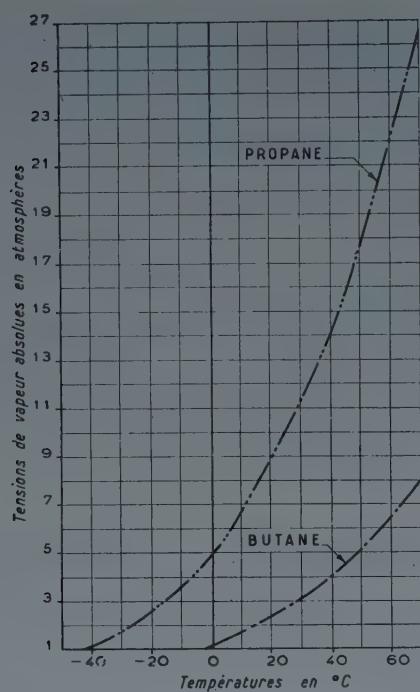


FIG. 5. — Tensions de vapeur butane-propane.

Modes d'utilisation.

a) Conditionnement.

Les gaz de pétrole liquéfiés sont mis à la disposition du consommateur en « bouteilles » d'acier relativement mince, de capacité variable. Les plus courantes sont des bouteilles de 13 kg de charge (tare de 12 kg) pour le butane et de 10,500 kg de charge (tare de 14 kg) ou 35 kg de charge (tare de 35 kg) pour le propane.

Pour les grosses consommations industrielles, le propane peut également être livré en « containers » de plus grande capacité (jusqu'à 1 t) ou en vrac par camions ou wagons-citernes qui sont alors « dépotés » dans des citernes fixes chez l'utilisateur.

b) Installation.

Pour l'utilisation du butane, un simple détendeur est en général monté directement sur la bouteille et assure la régularisation de la pression du gaz au chiffre fixé pour l'utilisation (en général voisine de 30 g/cm²).

Pour le propane, la réglementation mentionnée plus haut exige que soit réalisée une installation fixe de canalisations métalliques rigides, les bouteilles étant placées à l'extérieur de l'immeuble et le gaz étant détenu avant son entrée dans celui-ci.

Raisons de l'utilisation respective du butane et du propane.

Le gaz liquéfié contenu dans la bouteille doit, pour son utilisation, s'évaporer continuellement. Cette évapo-

ration吸ue une quantité de chaleur d'environ 90 kcal/kg de gaz évaporé. La chaleur nécessaire est prise tout d'abord dans la chaleur sensible du liquide, faisant par conséquent tomber sa température puis, lorsqu'une différence suffisante de température s'est établie entre le liquide et l'atmosphère extérieure, la chaleur est apportée par transfert à travers la paroi de la bouteille.

Bien entendu, ce transfert est limité au débit de calories et peut être d'autant plus grand que la différence de température entre le liquide et l'atmosphère est plus grande : il en résulte qu'une bouteille de propane qui, par suite de la basse température d'ébullition à la pression atmosphérique permet de maintenir le débit, même à des températures basses du liquide, peut assurer un débit très supérieur à celui que peut assurer une bouteille de butane.

Le butane sera donc utilisé pour des installations à faible débit, la bouteille étant obligatoirement placée à l'intérieur (pour éviter les chutes de température extérieure en hiver), alors que le propane sera utilisé pour les installations à fort débit ou pour les installations à plusieurs appareils d'utilisation alimentés par un poste central.

Avantages et limitations des gaz liquéfiés.

Les gaz liquéfiés présentent les avantages des combustibles gazeux :

- Propreté;
- Allumage et extinction instantanés;
- Facilité de réglage de l'allure de combustion par simple manœuvre d'un robinet;
- Marge de réglage très large et réponse instantanée au réglage;
- Possibilité de régler facilement l'atmosphère de combustion;
- Possibilité de réaliser une combustion neutre avec un excès d'air très faible;
- Simplicité de l'installation et des brûleurs et possibilité de réaliser une installation sans air soufflé, donc sans ventilateur ni courant électrique.

De plus, ils présentent sur les autres combustibles gazeux les avantages suivants :

- Mobilité : les gaz liquéfiés de pétrole peuvent atteindre tous les points du territoire où le gaz de ville n'est pas distribué.

— Simplicité d'utilisation : l'évaporation du liquide dans la bouteille se fait sans intervention extérieure, supprimant toute main-d'œuvre et tout entretien.

— Pouvoir calorifique très élevé : celui-ci combiné avec la possibilité de transporter le gaz sous pression dans les canalisations, permet d'établir ces dernières dans des diamètres très faibles. En général, elles sont établies dans le diamètre standard de 10/12 en cuivre, qui se prête à tous les cintages et à une pose économique.

En face de tous ces avantages, les gaz liquéfiés présentent des caractéristiques qui en limitent les possibilités d'application.

Tout d'abord, la densité élevée de ces gaz a pour conséquence l'accumulation au niveau du sol des fuites éventuelles et par suite, la nécessité de prévoir l'évacuation de celles-ci par des aérations au ras du sol : or, il n'est pas

toujours possible d'aérer un local à sa partie inférieure, en particulier si celui-ci se trouve en contrebas du sol extérieur. Il sera donc, dans certains cas, impossible d'utiliser les gaz de pétrole liquéfiés si l'on veut respecter les règles de sécurité les plus élémentaires.

D'autre part, la structure même de la production et les modes de distribution des gaz de pétrole liquéfiés, avec les frais de transport qu'ils entraînent, déterminent pour ceux-ci un prix de vente relativement élevé.

A l'heure actuelle, en France, les prix de vente du butane et du propane sont d'environ : 90 F/kg ce qui détermine un prix de 7,85 F par 1 000 mth. En ce qui concerne le propane, il est vendu aux gros consommateurs suivant un tarif dégressif par tranches, dont la deuxième va de 500 à 1 000 kg par année calendaire, au prix d'environ 86 F (soit 7,50 F par 1 000 mth).

Si nous comparons ces chiffres à ceux qui découlent des tarifs de vente des combustibles gazeux, solides ou liquides, nous constatons que les 1 000 mth (compte non tenu, bien entendu, des rendements des appareils d'utilisation, ni des rendements de combustion) s'établissent comme suit :

Gaz de ville, tarif chauffage.....	4,50 F
Fuel-oil domestique.....	1,80 F
Charbon environ.....	2,15 F

(chiffres très variables suivant la qualité utilisée et les quantités livrées).

Une comparaison réelle des prix devrait bien entendu faire intervenir les rendements d'appareils, l'amortissement des installations et les dépenses annexes, par exemple de courant électrique, ainsi que la main-d'œuvre ou le temps passé pour l'entretien des foyers à combustible solide. Il est difficile de fixer ces éléments sur le plan général et ils devront être examinés dans chaque cas particulier.

Il n'en ressort pas moins une différence très grande du prix à la calorie, à l'avantage des combustibles courants. Les gaz de pétrole liquéfiés ne pourront donc être utilisés que dans le cas où leurs caractéristiques techniques pourront équilibrer cette différence.

En premier lieu, il faut remarquer que la comparaison avec le gaz de ville est systématiquement favorable à ce dernier; d'ailleurs en dehors même des comparaisons de prix, l'intérêt national exige que les réseaux de gaz de ville pour réaliser l'exploitation la plus rationnelle possible, soient « chargés » au maximum de leur capacité et que, par conséquent, là où existe une canalisation de gaz de ville, ce soit ce dernier qui soit utilisé plutôt que les gaz liquéfiés qui trouvent leur place en dehors de ces réseaux.

D'autre part, en ce qui concerne le chauffage des locaux, les gaz de pétrole liquéfiés ne pourront pas se prêter à l'alimentation d'installations importantes, où la même automatique pourrait être obtenue par le fuel-oil et où le prix initial plus élevé de l'installation serait rapidement amorti par les économies sur le combustible. Ce n'est que dans le cas de très petites installations, ou d'installations à fonctionnement court (climat chaud) ou très discontinu (petites salles de spectacles, appartement non occupé pendant la journée, etc.) que les gaz liquéfiés de pétrole pourront être rationnellement utilisés.

Principaux modes de chauffage.

Nous passerons rapidement en revue les divers modes d'utilisation qui, dans leur ensemble, sont les mêmes que pour le gaz de ville, chacun ayant les mêmes avantages et les mêmes inconvénients que dans le cas de l'utilisation de ce dernier.

a) Radiateurs individuels.

Cette solution, seule utilisable au butane à cause du débit limité d'une bouteille de ce gaz, sera celle de chauffage d'appoint ou de semi-saison ou encore de chauffage de petits locaux occupés de façon discontinue (par exemple logement de ménage où les deux époux travaillent dans la journée).

L'installation est réduite à son minimum, chaque pièce peut être chauffée séparément suivant les besoins, mais la consommation est assez élevée.

b) Chauffage central par eau chaude.

Ce dernier pourra être adopté dans le cas de climat particulièrement doux, où le chauffage ne marchera que quelques semaines par an, ou bien dans le cas d'occupation momentanée (maison occupée pendant les week-end par exemple).

Il faudra nécessairement utiliser une chaudière spéciale pour chauffage au gaz (l'adaptation d'un brûleur gaz sur une chaudière à charbon est techniquement possible, mais aboutit à des consommations anormales).

c) Chauffage par air chaud.

Le chauffage central par air chaud pulsé, produit par générateur central avec distribution par gaines, présentera sur le chauffage par eau chaude l'avantage d'une mise en température plus rapide.

Le chauffage par air chaud non pulsé (tel que le système Autopulsair Strack et Mauny), avec distribution de l'air chaud sans gaine, permettra, si la disposition des locaux s'y prête (couloir à hauteur de plafond constante) de réaliser une installation nettement moins coûteuse que la précédente.

Le chauffage par air chaud pulsé individuel fournit dans les locaux de capacité relativement élevée, une possibilité de mise en température rapide et de bonne uniformisation de cette dernière. Ce sera la solution pour des magasins, des ateliers dont le plafond n'est pas trop élevé, etc.

d) Chauffage par rayonnement infra-rouge.

Ce moyen de chauffage qui est actuellement « à la mode » demande à être utilisé à bon escient et non, comme on tend à le faire, comme une panacée.

Dans les locaux à grande hauteur de plafond, le chauffage par convection ou par générateur d'air chaud se heurte à la difficulté de maintenir au voisinage du sol où se trouvent les occupants, l'air réchauffé par l'appareil de chauffage. Le chauffage par rayonnement permet de tourner cette difficulté étant donné qu'il échauffe peu l'air, le rayonnement se transmettant en ligne droite

et se dégradant en chaleur lorsqu'il a été arrêté par un corps se trouvant sur son trajet. Ce sera donc la solution pour le chauffage des locaux très hauts de plafond (par exemple : églises, grands ateliers). D'autre part, du fait que l'air n'est pratiquement pas échauffé, ce mode de chauffage permet de chauffer localement une partie d'un espace qui ne nécessite pas un chauffage général (chauffage d'une partie d'une église pendant la semaine, poste de travail isolé dans un grand hall, etc.).

Les appareils de chauffage par rayonnement sont, en général, dépourvus de tuyaux d'évacuation des gaz brûlés. Ceux-ci se dégagent donc directement dans la partie supérieure des locaux chauffés et l'indice de toxicité CO/CO₂ prend une importance particulière. En fait, dans les divers types de panneaux utilisés en France (panneaux à basse température, environ 400° C ou à haute température, environ 800° C), cet indice est extrêmement bas (de l'ordre de 0,5 %).

Il faut toutefois veiller à ce que la teneur en CO₂ et vapeur d'eau de l'air arrivant au brûleur soit maintenue à un niveau suffisamment bas pour maintenir ce bas

indice de toxicité, c'est-à-dire que, si le local n'est pas très élevé, il faut une large ventilation à sa partie supérieure.

En ce qui concerne l'emplacement des panneaux, deux tendances se dessinent dans la pratique des installations : panneaux placés à 2,50 à 3 m du sol pour le chauffage localisé, ou panneaux placés à grande hauteur (minimum 6 m) pour le chauffage généralisé. Cette dernière solution présente l'avantage de réduire la différence d'intensité du rayonnement reçu par la tête et les pieds des occupants du local.

Conclusion.

De ce que nous venons d'examiner, et en nous limitant bien entendu au chauffage des locaux, sujet du présent Congrès, les utilisations du butane en chauffage apparaissent réservées au seul chauffage d'appoint ou intermittent par radiateurs individuels, celles du propane, quoique beaucoup plus larges, restant limitées toutefois par le prix relativement élevé de la caloric.

CONCLUSION DU PRÉSIDENT

Je remercie vivement M. HARLÉ de sa communication. Je pense que le domaine d'emploi du butane et du propane en chauffage peut se déduire de la conférence de M. GIBLIN. Il suffirait de reprendre les avantages des combustibles gazeux et de remplacer le prix de la millithermie de gaz d'éclairage par le prix de la millithermie du butane. Je crois que la comparaison serait assez sévère à l'égard du butane. Donc, comme vous le dites, les conditions d'emploi sont toujours un peu spéciales. Je ne vais pas insister, parce que nous aurons à en discuter tout à l'heure. Je remercie encore M. HARLÉ.

ÉVOLUTION DU CHAUFFAGE DOMESTIQUE AU CHARBON EN FRANCE

Par M. M. PINET,

Directeur technique de la Société Technique pour l'Utilisation du Charbon (S. T. U. C.).

Répondant au désir exprimé par les « Charbonnages de France », M. MISSENARD, Président des Journées Internationales du chauffage a donné son accord pour que M. PINET formule, en dehors du programme de ces journées, son avis sur l'utilisation des combustibles solides en matière de chauffage central.

Nous tenons tout d'abord à remercier M. le Président MISSENARD d'avoir bien voulu nous permettre d'ajouter quelques mots aux exposés de M. l'Inspecteur Général GIBLIN et de MM. FORTAIN et HARLÉ, sur le choix et l'utilisation des divers combustibles en chauffage domestique.

Nous pensons, en effet, que dans ces journées internationales du chauffage, il est nécessaire de préciser plus nettement l'évolution en France des possibilités des combustibles solides dans ce domaine.

Il est extrêmement difficile de se faire une idée exacte de la consommation en charbon destinée au chauffage des locaux d'habitation et de travail. La statistique administrative englobe, en effet, sous le terme de « Septième Collectivité », après la Sidérurgie, le Gaz de France, l'Électricité de France, la S. N. C. F., etc., non seulement le chauffage individuel et collectif, mais encore la consommation propre aux besoins de cuisine et tout ce que l'on a rassemblé sous le vocable très approximatif de « Petite Industrie », c'est-à-dire, tous les établissements industriels, agricoles et commerciaux dont la consommation ne dépasse pas 20 t par mois.

Cette clientèle, extrêmement variée, est alimentée en combustibles par l'intermédiaire du négoce charbonnier, et échappe pratiquement à tout contrôle précis.

Est-il nécessaire de rappeler les difficultés d'approvisionnement de cette septième collectivité pendant les années de grande pénurie ? Elle était toute désignée pour être sacrifiée aux besoins prioritaires de la grosse industrie et de l'occupant et elle a dû supporter la grosse partie des compressions de tonnages.

Il n'a même pas été possible de répartir également les disponibilités de l'époque : certaines parties prenantes, comme les services sanitaires, les écoles, les industries agricoles ou alimentaires, restaient prioritaires et ne pouvaient pas voir leurs allocations réduites en dessous d'un certain minimum. On comprend alors les raisons pour lesquelles les tonnages nécessaires au chauffage des locaux et même à la cuisine ont été réduits d'une façon aussi importante, puisque la réduction a été estimée, pour l'année 1946, à près de 60 %.

Sur la base des consommations d'avant-guerre, le poste « Chauffage et Cuisine » à l'intérieur de la septième collectivité, représente près de 27,5 % de la seule production nationale et 23,1 % du total du charbon disponible en France.

Ces chiffres mesurent l'importance du « client » chauffage domestique pour l'économie générale des Charbonnages

de France et expliquent les efforts fournis depuis plusieurs années par tous les bassins pour donner satisfaction à la clientèle particulière.

La modernisation de l'industrie charbonnière, réalisée depuis 1946, a permis d'augmenter, d'une façon très sensible, la production nationale qui était de :

47,5	millions de tonnes en 1938;
47,2	—
51	—
58	—

1946;
1951;
1952;

et compte tenu des tonnages importés, nous pouvons dire qu'en 1952 il n'y a pas eu de problèmes d'alimentation de la septième collectivité, tout au moins en quantités.

Il y a cependant, par rapport à l'avant-guerre, une modification profonde de la répartition de ce tonnage en qualités.

L'utilisation progressive des procédés modernes d'extraction (rabots, haveuses, etc.), entraîne un bris plus important du charbon et une modification sensible dans la granulométrie des produits extraits. Le tonnage des classés maigres 50/80, 80/120 est en régression alors que celui des grains 6/10 ou des braiselettes 10/20 augmente très nettement depuis plusieurs années.

D'autre part, la nature même des bassins houillers français permet de préciser que les tonnages des qualités maigres extraites ne peuvent plus augmenter d'une manière aussi importante que les tonnages des qualités flamboyantes sèches et grasses fournies par les bassins lorrains et sarrois, actuellement en plein développement. Pour fixer les idées sur cet essor, précisons que la seule production du bassin de Lorraine, qui était de 6 millions de tonnes en 1938, est passée à 13 millions de tonnes en 1952 et est prévue à 15 millions de tonnes pour 1955.

Si nous examinons la répartition des qualités sur le plan français nous constatons que les quantités de flamboyants secs ou gras disponibles sur le marché en 1938 étaient de l'ordre de 8 millions de tonnes pour une consommation globale de 70 millions.

Cette consommation globale n'a pas varié sensiblement mais, par suite du développement de l'extraction des mines de Lorraine d'une part, de la diminution du disponible en anthracite sur le marché mondial, le tonnage de flamboyants secs ou gras que la France se trouve obligée de consommer actuellement est de l'ordre de 25 millions de tonnes, y compris les importations et les apports sarrois. La pénurie des tonnages d'anthracite de ces dernières années a posé un problème grave d'alimentation des chauffages domestiques et l'idée est venue

naturellement de chercher à utiliser dans ces installations ces combustibles bien particuliers que constituent les flambants.

Nous n'insisterons pas sur les difficultés rencontrées pour résoudre ce problème, mais nous pouvons dire que l'ingéniosité des constructeurs nous permet d'envisager que des solutions seront trouvées très rapidement. D'ores et déjà, pour la catégorie des flambants secs, des installations importantes sont en cours de réalisation (Strasbourg par exemple).

Il y a donc une évolution sensible dans la production charbonnière française de ces dernières années et nous pensons que le stade de l'utilisation des classés maigres en chaudières fonte pour le chauffage domestique, est nettement dépassé et que nous entrons dans l'*ère du grain* : grains maigres et flambants.

Nous devons signaler, d'autre part, que la chaudière de chauffage central subit depuis vingt ans, une transformation que la ligne d'avenir de la production des Charbonnages de France permet de soutenir.

En effet, les solutions d'alimentation automatique des chaudières ne sont possibles que par l'utilisation de petits calibres. Les gros calibrages se prêtent très mal, du moins sur les chaudières françaises actuelles, au dispositif d'alimentation par gravité et aux manutentions mécaniques. On reproche parfois aux grains leur teneur en cendres plus élevée que celle des gaillets d'autrefois (4 à 7 % de cendres selon les bassins au lieu de 3 à 4 %). Il faut préciser toutefois, que la teneur en cendres des gaillets correspond pour une bonne part à des pierres franches ou des barres du même calibre que le charbon, qui s'accumulent finalement sur le plan de grille des chaudières, diminuent d'une manière sensible le passage de l'air nécessaire à la combustion du charbon et bloquent parfois les grilles mobiles au cours des opérations de décrassage. Par contre, les pierres que l'on peut rencontrer dans les grains sont de calibres beaucoup plus réduits qui leur permettent de s'inclure plus facilement dans les galettes de cendres et de s'éliminer ainsi du foyer sans aucune difficulté au cours du décrassage.

M. RABET exposera, dans le cadre de ces journées internationales du chauffage, l'évolution des chaudières automatiques modernes de chauffage central aux combustibles solides (¹).

Nous devons préciser que les installations automatiques, dont le développement a été permis par la production croissante des grains et braisettes, sont en très grosse majorité alimentées par ces catégories de combustibles et même, pour certains modèles récents, en grains flambants et que leur automatique de fonctionnement et de régulation est comparable à l'automaticité obtenue avec des chaudières équipées de brûleurs à combustibles liquides ou à gaz.

Nous pensons donc qu'il est nécessaire d'orienter le consommateur vers ces solutions automatiques qui lui permettront d'obtenir un confort et une facilité d'exploitation identiques à ceux fournis par le mazout. Il ne faut d'ailleurs pas oublier que si ces installations coûtent cher de premier établissement, tout en restant inférieures au coût des installations au fuel, les frais d'exploitation sont par contre diminués d'une façon sensible, par suite d'une combustion plus rationnelle et par l'utilisation de qualités de charbon plus courantes, donc de prix plus bas.

(¹) Article à paraître dans le n° 71 (novembre 1953) des *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, sous le titre : « Les générateurs ».

Le gros inconvénient rencontré dans l'emploi du charbon en chauffage domestique est, il faut bien le reconnaître, la manutention de produits pondéreux et salissants (charbons et cendres).

Des solutions automatiques permettent de résoudre ces problèmes de manutention. Pour les installations importantes il est possible, pour peu que les lieux s'y prêtent, d'installer des transporteurs à bandes ou à raclettes, prenant le combustible à la soute et assurant le remplissage des trémies de chaudières automatiques ou de brûleurs.

Nous devons citer également, comme solution automatique d'alimentation, les modèles de brûleurs à vis qui reprennent le charbon directement à la soute pour alimenter par vis le pot-foyer placé à l'intérieur de la chaudière. Le principe n'est pas récent, puisque plusieurs constructeurs l'utilisent couramment aux U. S. A. Nous sommes toutefois heureux de saluer la parution d'un nouveau modèle de ce type sur le marché français, qui permet d'alimenter une chaudière de chauffage central dont la puissance peut varier de 20 000 à plus de 1 million de calories et dans toutes les directions jusqu'à une distance de 8 m.

Il est possible ainsi de se chauffer sans avoir à manipuler le charbon pour peu que la cave ait été aménagée en conséquence.

Ces dispositifs d'alimentation automatique des chaudières diminuent considérablement les sujétions de main-d'œuvre d'exploitation.

Il reste toutefois le problème du décrassage des chaudières. Rappelons ici que l'amélioration sensible des qualités livrées par les bassins houillers a permis de ramener les teneurs en cendres à des niveaux normaux. La quantité de cendres extraites chaque jour des installations de chauffage central s'est sensiblement réduite et, tout compte fait, n'apparaît que pour une proportion assez faible dans les quantités d'ordures ménagères à évacuer quotidiennement.

Nous devons préciser de plus, que des solutions ont été apportées au problème de l'extraction automatique des cendres des foyers et que des chaudières équipées de cette façon existent déjà depuis un certain temps. Nous sommes heureux d'ailleurs de signaler que la nouvelle chaudière Segor Tropique, dont la puissance varie de 10 000 à 30 000 cal — et intéresse donc les petites installations de chauffage central — comporte un dispositif d'extraction des cendres qui sont amenées dans un bac placé à la partie inférieure de la chaudière.

D'autres solutions sont à l'étude et sortiront, nous l'espérons, très prochainement.

Nous insistons sur ces différents points pour vous montrer que l'on se préoccupe de ces problèmes dont des solutions pratiques seront diffusées dans les années à venir.

Quelle est la position du charbon dans la controverse lancée depuis un certain temps sur le choix des combustibles dans les installations de chauffage central ?

Il faut reconnaître objectivement que l'on compare trop souvent les vieilles installations au charbon, chaudières en fonte mal entretenues et alimentées en gaillets maigres, avec les installations modernes au mazout. On tient compte alors dans les bilans d'exploitation comparatifs, d'écart de rendement qui peuvent atteindre 30 % et on oublie complètement qu'il existe des groupes ou des chaudières automatiques au charbon dont les rendements sont comparables, et parfois supérieurs, à ceux obtenus avec les fuels.

Nous pensons donc, que pour qu'il y ait un choix

valable, il est nécessaire d'adoindre à l'étude de la solution combustible liquide, une étude complète sur la solution charbon, en tenant compte des conditions particulières de chaque installation.

Des études qui ont été présentées au IV^e Congrès de Chauffage Industriel en septembre 1952 et qui ont été évoquées ici, il ressort, ainsi d'ailleurs que M. l'Inspecteur Général GRELIN a bien voulu lui-même le constater, que les écarts de prix au million de calories entre le fuel et le charbon auxquels on arrive pour les cinq villes envisagées, sont de l'ordre de grandeur des erreurs admissibles sur les hypothèses de base.

Et encore faut-il remarquer que sur les cinq villes en question aucune n'a été choisie à proximité immédiate des mines alors que deux sont en pleins centres pétroliers et ont comme cote de place 0.

Dans une ville comme Lille, où nous connaissons bien le problème pour le pratiquer couramment, de même que dans tout le Nord, le Pas-de-Calais, la Somme, nous pouvons préciser que le chauffage au charbon revient à un prix inférieur à celui du fuel léger. Il en est de même à Nancy, Saint-Étienne, etc. La position géographique, les conditions de livraison (vrac ou sacs), type de matériel, trop d'éléments jouent en défaveur d'une solution unique et nous répétons que chaque cas doit être étudié séparément.

A titre indicatif et en reprenant les bases de calcul de la communication de MM. CHARMELOT et BRUNET au IV^e Congrès de Chauffage Industriel, les prix au million de cal/h à la sortie du générateur, pour une installation de 1 000 000 de cal/h, en régime continu, se situent pour Lille, de la façon suivante :

NATURE DU GÉNÉRATEUR ET DU COMBUSTIBLE	LILLE
Chaudière fonte. Grains maigres. Rendement : 70 %.....	2 146 F
Chaudière acier. Grains maigres. Rendement : 75 %.....	2 036 F
Fuel léger.	2 178 F
lourd n° 1.	2 029 F
lourd n° 2.	1 918 F

Nous n'avons examiné jusqu'à présent que les problèmes posés par le chauffage collectif, c'est-à-dire où les puissances d'installations sont assez importantes.

Et pourtant, nous ne voudrions pas terminer cet exposé sans évoquer le problème du chauffage individuel.

D'après un sondage fait en France en 1950, 80 à 85 % des locaux d'habitation chauffés au charbon utilisent des poêles. Quoique l'on ne puisse comparer le confort donné par ces appareils à celui du chauffage collectif (et nous sommes d'accord avec M. FOURNOL qui a développé cette question dans le dernier *Cahier du Centre Scientifique du Bâtiment*) nous ne pouvons manquer de signaler l'effort réalisé en France, pour moderniser cet

humble appareil qu'est le poêle qui demeurera pour longtemps encore un client très important du charbon.

La création d'un Label sous l'égide de l'Union des Fabricants d'Appareils de Chauffage Domestique (U. F. A. C. D.) et avec l'appui du Centre Technique des Industries de la Fonderie, a permis d'améliorer, d'une manière très sensible, les caractéristiques techniques de ces appareils.

Les appareils modernes estampillés sont réceptionnés par ces organismes dans des conditions assez sévères puisque le rendement imposé, en allure normale, ne peut descendre en dessous de 70 % et nous pouvons constater que de très nombreux appareils ont dépassé largement ce minimum au cours des essais de réception. Certains de ces appareils peuvent d'ailleurs utiliser rationnellement les flambants secs de Lorraine.

Le Guide des appareils français estampillés fonctionnant au charbon et édité par les Charbonnages de France, comprend cinquante-et-un appareils de 2 500 à 6 000 cal/h, ce qui donne une idée du choix possible.

Nous voudrions enfin insister sur l'aspect « Sécurité » du charbon.

Sécurité dans l'emploi avant tout, mais encore sécurité de prix et sécurité d'approvisionnement. Nous pensons que les bassins houillers français ont passé un cap de production difficile et sont à même maintenant, de fournir au consommateur les quantités, mais aussi les qualités souhaitées. Le cap de la pénurie est passé et il s'agit maintenant de placer dans les meilleures conditions d'utilisation, la production nationale de charbon. Nous espérons d'ailleurs que cette politique des « grains » pourra continuer à se développer et à être soutenue dans l'avenir par les Charbonnages de France, qui se doivent de garantir aux consommateurs les qualités dont ils ont besoin.

D'autres aspects techniques, tels que la fumivoreté, les corrosions, les odeurs, la longévité des chaudières, la propreté pourraient être développés dans le plan des comparaisons charbon-fuel, mais ceci sortirait du cadre prescrit. Rappelons simplement que là également, le charbon peut tenir plus qu'honorablement sa place en face du fuel.

Souhaitons simplement, en terminant, que Messieurs les architectes veuillent bien examiner de plus près les locaux destinés aux chaufferies. Cela permettrait de résoudre plus facilement certaines difficultés techniques telles que :

— Le déchargement direct en soute;

— Les manutentions en cave qui doivent être les plus courtes possibles quand on ne peut les supprimer;

— Les accès de chaufferies d'immeubles importants, indépendants des accès normaux de l'habitation, afin de faciliter éventuellement l'exploitation de la chaufferie par un exploitant de chauffage.

Nous pensons que nous éliminerons ainsi un grand nombre des ennuis de la chauffe au charbon qui reste, à notre avis, malgré tout, une solution d'avenir.

DISCUSSION

M. CHARMELOT. — Je voudrais me permettre d'insister sur une remarque faite par M. l'Ingénieur général GIBLIN sur la valeur assez relative des comparaisons faites des différentes sources d'énergie. Ces valeurs pourraient être considérées comme valables, comme exactes en 1952. Je crois qu'elles sont parties d'une hypothèse qui est la suivante : quand on compare deux choses, il faut tout de même supposer un rapport entre les prix de ces différentes énergies, mais rien n'est plus fluctuant que le rapport de prix à l'heure actuelle. De sorte qu'il faut insister sur la valeur de ces comparaisons à une époque et dans un lieu déterminés.

Je crois que l'usager conscient de ses intérêts doit se dire qu'il est toujours un cas particulier et que tous les cas doivent être étudiés d'une façon particulière. Il n'y a pas de solution générale, à mon avis, à ce problème de chauffage.

M. LE PRÉSIDENT. — Je crois que c'est la conclusion essentielle qui se dégage de la communication de M. GIBLIN. M. BILLINGTON nous parle, au nom de l'Angleterre, de la nécessité pour l'architecte de connaître les questions de transmission de chaleur; voyez combien un architecte est mal placé pour choisir le combustible le plus opportun alors que nous-mêmes, ingénieurs et spécialistes de la question, sommes parfois embarrassés et avons besoin de faire une étude approfondie. D'où la nécessité, dès que le problème présente quelque importance, de consulter une personne très compétente.

M. CHARMELOT. — J'ai parlé de rapports fluctuants dans les prix des différentes sources d'énergie; il est bien évident que depuis 1952, il y a eu certains efforts de faits en matière de prix des combustibles; je citerai notamment, depuis 1952, le prix des grains maigres qui a baissé d'un bon millier de francs d'une façon générale, ce qui fait sur les calculs une baisse d'environ 150 F au million de calories utilisables; ce n'est pas négligeable.

M. LE PRÉSIDENT. — Moins de 10 %, mais il y a de plus une intervention qu'il ne faut pas laisser dans l'ombre, à laquelle tout le monde pense, sans le dire : c'est l'intervention possible de l'État. Il y a une part de fiscalité qui fait que si demain l'État voulait changer le sens des comparaisons de combustibles, cela lui serait très facile.

M. SALMON-LEGAGNEUR. — Il y a aussi l'institution du marché commun européen charbon et acier qui ne peut pas ne pas avoir de répercussions importantes sur les prix de revient du charbon, en particulier du charbon allemand transporté par voie d'eau dans la partie ouest de la France. Ces prix risquent de diminuer. C'est un élément d'incertitude encore plus grand; il s'écoulera quelque temps, des mois, avant qu'on puisse en connaître la répercussion réelle pour le prix de revient du charbon.

M. SQUASSI. — L'année dernière, on nous a dit qu'en Belgique on installait souvent des chaudières à plusieurs foyers ou même des chauffages à plusieurs chaudières. C'est peut-être la formule; cela permettrait de mettre en concurrence les charbonnages et d'obtenir les meilleurs prix à ce moment-là.

M. LE PRÉSIDENT. — Remarquez d'ailleurs que, très souvent, en France, la plupart des installations sont à double utilisation possible : mazout ou charbon.

M. GIBLIN. — Je crois qu'il y a une précaution essentielle à prendre quand on fait des installations de ce type, c'est de réservé la possibilité d'utiliser commodément les combustibles solides.

On se trouve parfois en présence de problèmes de stockage qui sont pratiquement insolubles. Il y a des précautions à prendre à cet égard; cela donne la possibilité de profiter au mieux des prix des combustibles.

M. LE PRÉSIDENT. — Dans la communication de M. Jacobsen, nous avons vu une chaudière fonctionnant aux grains de charbon, avec une vis sans fin qui va prendre le combustible très loin dans la souche. C'est une réalisation antérieure à la petite chaudière dont nous parlions récemment qui s'appelle je crois, le Dragon, en France, et qui permet de prendre directement le combustible dans la réserve du charbon.

M. JARRIER. — Vous en avez une aussi, à Ivry.

M. SQUASSI. — Nous autres, Italiens, avons un pays très pauvre en charbon, mais depuis trois ou quatre ans nous avons trouvé du méthane, beaucoup de méthane même, dans la vallée du Po surtout et nous avons construit des réseaux pour distribuer le méthane depuis la mer Adriatique jusqu'à Turin. Il semble bien d'ailleurs qu'on pourrait en trouver dans d'autres régions de l'Italie, même en Sicile. Donc, le problème serait chez nous de développer l'utilisation du méthane, et nous construisons actuellement de grandes centrales thermo-électriques pour brûler ce combustible.

M. LE PRÉSIDENT. — La possibilité d'apparition d'autres combustibles est encore un élément de complication. Personne n'a parlé de l'énergie atomique; qui sait si, dans un avenir plus ou moins proche, nous n'aurions pas l'énergie atomique à des prix battant tous les anciens combustibles ?

M. ZANIROLI. — Je voudrais demander quelque chose à M. GIBLIN; il a fait son calcul d'intermittence sur une même installation, une installation à eau chaude, mais l'a-t-il fait sur deux installations différentes, une installation à eau chaude et une installation à vapeur ? Parce que l'inertie de l'installation a une très grande influence sur la comparaison de l'intermittence.

D'autre part, dans les conseils à donner, suivant qu'il s'agit d'installations continues ou d'installations intermittentes, on peut donner celui de faire une installation à vapeur ou une installation à eau chaude. Ceci a une très grande importance parce qu'à l'heure actuelle, on tend à discréditer complètement les installations à vapeur. Or, lorsqu'il s'agit d'installations intermittentes, les installations à vapeur, surtout avec la régulation automatique, ont un avantage considérable sur les installations à eau chaude.

M. GIBLIN. — C'est une question que je ne pouvais pas examiner en détail. Il est d'ailleurs fort difficile, je crois, d'aboutir à des résultats suffisamment précis. Je puis vous dire que l'installation en combustible solide que j'ai prise comme exemple de base, est une installation au coke; je l'ai très fortement pénalisée par la valeur du coefficient K dont j'ai parlé tout à l'heure, qui caractérise très grossièrement d'ailleurs l'inertie de l'installation. Par conséquent, on peut considérer, si vous voulez, qu'il s'agit pour cette installation au coke, qui se présentait dans des conditions habituellement désavantageuses, d'une installation à eau chaude; dans mon esprit, c'était cela.

Je ne nie pas d'ailleurs que la vapeur présente des avantages et je crois que ce n'est pas M. MISSENARD qui me contredira si je dis qu'on a fait une mauvaise réputation, tout à fait imméritée,

autrefois, aux installations à vapeur. Il est très possible de faire des installations à vapeur qui donnent véritablement satisfaction et qui présentent des possibilités de réglage central tout à fait opportunes.

M. LE PRÉSIDENT. — Malheureusement la vapeur a été discréditée par la façon dont elle a été réalisée.

M. ZANIROLI. — Aujourd'hui, tout de même, alors que l'on supprime dans les administrations des installations à vapeur pour les remplacer par des installations à eau chaude, ce qui nécessite des dépenses considérables, on peut remédier très facilement à des installations à vapeur qui étaient autrefois déplorables parce qu'il n'y avait pas la facilité de les régler, parce qu'on n'avait pas, par exemple, de robinets appropriés. Aujourd'hui, en remplaçant simplement les robinets et en modifiant quelques canalisations on a des installations à vapeur dont le chauffage intermittent fonctionne très bien et aussi économiquement — plus économiquement même — que les autres. Je l'ai dit dans une petite causerie que j'ai faite à l'Association des Ingénieurs, sur les questions de rendement. Il en est ressorti, en comparant certaines choses, que les installations à vapeur avaient un prix de revient souvent meilleur que les installations à eau chaude.

M. LE PRÉSIDENT. — Ce sont des comparaisons d'ailleurs assez difficiles. L'un des arguments massue contre la vapeur est la constance des pertes en distribution, quelle que soit l'allure de marche. Mais dans certains cas, on peut faire du réglage par « Tout ou Rien ».

M. ZANIROLI. — Le réglage par « Tout ou Rien » n'est pas à faire; cela jette une irrégularité dans la distribution de vapeur dans l'immeuble. En faisant du réglage par vagues successives, on n'obtient pas de résultats parce que seuls les locaux qui sont près de la distribution sont chauffés convenablement.

M. LE PRÉSIDENT. — Faites une émission suffisamment prolongée pour que la vapeur ait le temps de tout remplir.

M. ZANIROLI. — Naturellement, mais quand on se trouve en présence d'une installation existante, on ne fait pas toujours ce que l'on veut.

M. DEMONCY. — M. JARRIER nous a dit : nous accepterons tous les conseils et toutes les suggestions. Je me permets de donner un conseil à M. JARRIER : qu'il baisse surtout le prix du charbon. Tous les chiffres qu'on peut donner n'ont jamais démontré que le charbon vaut moins cher que le mazout.

M. JARRIER. — L'argument principal que je peux vous donner est le nombre d'installations qui ont été réalisées dans notre région et dans les régions voisines pour brûler du charbon. Quant à vous dire qu'on va vendre le charbon meilleur marché, je crois que c'est l'avis de tout le monde; cela devrait être aussi l'avis du gouvernement. Mais pour baisser le prix du charbon, il faut d'abord s'efforcer de réduire le prix de la main-d'œuvre. Or en ce moment, le rendement augmente dans des proportions assez considérables et particulièrement en Lorraine et en Sarre où il est très supérieur à ce qu'il était avant la guerre. Quand vous comparez le nombre de mineurs qui travaillent actuellement dans les différents bassins à ce qu'il était avant la guerre et la quantité de charbon qui est produite en France, les 55 ou 56 millions de tonnes annuelles produites en France au lieu des 40 millions produites autrefois, on peut bien être reconnaissant à tous les mineurs de France d'avoir fait le travail qu'ils ont fait pour remonter le courant des difficultés rencontrées pendant la guerre.

M. GIBLIN. — Je voudrais faire une remarque sur la comparaison des prix de l'énergie fournie par les combustibles solides et les combustibles liquides. M. PINET, tout à l'heure, a fait une allusion aux conditions de rendement adoptées dans les deux hypothèses et il a fait le reproche d'adopter pour les combustibles solides des rendements très faibles et d'un caractère absolument

périmé. Je me refuse à prendre ce reproche à mon compte. La comparaison qui a été faite notamment entre les combustibles solides et les combustibles liquides pour des installations de force puissante, de l'ordre de 1 million de kcal/h, a été faite sur la base des prix d'énergie produite à la sortie du générateur; donc n'entraîne en ligne de compte que les rendements des générateurs et ces rendements ont des valeurs voisines à puissance égale pour les générateurs à combustibles solides et pour ceux à combustibles liquides.

**

M. ZANIROLI. — Je désire formuler une remarque au sujet de la communication de M. FORTAIN. M. FORTAIN a dit tout à l'heure que pour l'emploi du fuel léger, il préconisait le réchauffement au droit de la crêpine, mais il y a une solution qui est peut-être aussi avantageuse, c'est de préconiser un réservoir journalier ou de relai dans la chaufferie, parce que dans ce cas les questions de pompage entre le relai et le réservoir principal ne se posent pas et dans la chaufferie le fuel léger est toujours à une température telle qu'il peut être amené au brûleur.

M. FORTAIN. — Je suis d'accord avec vous, mais tout à l'heure j'ai bien pris la précaution de dire que dans certaines installations, surtout de petite puissance, il fallait se méfier de la multiplicité des engins utilisés. Dans votre cas, vous allez avoir une pompe, sans doute automatique, qui va approvisionner la nourrice. Cette pompe sera calculée pour prendre du fuel léger pratiquement sans réchauffage. Seulement, il y a un compromis entre la solution qui consiste à chauffer dans le réservoir au droit de la crêpine et votre système qui a peut-être certains avantages mais qui coutera certainement cher. Dans ces conditions, c'est à vous à savoir quelle est la meilleure solution au point de vue économique.

M. ZANIROLI. — Je ne crois pas que le pompage soit beaucoup plus cher que le réchauffage.

M. FORTAIN. — Si vous estimez qu'il faut un pompage à main, il y a une question de main-d'œuvre; si au contraire le pompage est automatique, il faudra des engins de sécurité, de mise en marche et de coupure automatiques. C'est un compromis et un choix à faire avec étude des bilans pour prendre la solution la plus économique.

M. ZANIROLI. — D'autre part, l'emploi du fuel léger se fait facilement sans réchauffage, avec les brûleurs à air.

M. FORTAIN. — Parfaitement, à condition de définir exactement, ce qu'on appelle « sans réchauffage ». Un certain nombre de constructeurs vendent des brûleurs qui fonctionnent sans réchauffage; j'ai l'impression que cela veut dire que ce fuel léger n'est, à aucun moment, descendu au-dessous de 10°. Je suis d'accord à ce moment-là. Mais s'il est descendu au-dessous de 10°, croyez-vous que le brûleur marchera ? Votre solution est très intéressante à condition qu'elle soit rentable. Sans réchauffage, cela ne veut pas dire un fuel léger pris à — 40°. Il faut se méfier également de ce que lors du transport, dans la livraison, ce fuel ait pu atteindre des températures nettement plus basses.

M. ZANIROLI. — On n'attend pas, en général, pour la livraison que la soute soit complètement vide; d'autre part, le fuel léger peut être brûlé sans réchauffage par les brûleurs à pulvérisation par air.

M. FORTAIN. — Je suis d'accord avec vous.

**

M. ROUILLER. — Je pense qu'il serait bon, quand on étudie les conditions d'emploi des différents combustibles, de tenir compte du facteur d'utilisation et des installations. Je crois que les limites seront très différentes suivant qu'on fait une installation dans une région de l'Est où elle fonctionne avec 1 800 degrés-jours, ou bien dans l'Ouest.

M. GIBLIN. — Mais on a en tenu compte.

M. ROUILLER. — Je voudrais signaler aussi quelque chose concernant l'utilisation des combustibles gazeux. J'ai vu mettre en vente des petits réchauds à butane sans adaptation qui, je crois, donnent satisfaction et sont intéressants dans les cas particuliers, pour des bureaux à utilisation temporaire ou des magasins à ventilation extrêmement importante. Il est à craindre que ces petits réchauds sans évacuation puissent un jour ou l'autre être transportés dans la petite chambre d'un enfant malade où la ventilation sera mal assurée et risquent de causer des accidents.

M. LE PRÉSIDENT. — Vous savez que la protection civile se préoccupe actuellement des dangers possibles représentés par

les radiateurs à combustion par le gaz placés dans les édifices publics.

UN AUDITEUR. — Seulement ceci ne vise que les établissements fréquentés par le public. Il faudrait s'inspirer pour le butane de ce qui a été fait pour le gaz.

M. ROUILLER. — La production d'acide carbonique par les fourneaux qui ne comportent pas d'évacuation, comme les fourneaux de cuisine, est au moins aussi importante; mais l'appareil à butane est essentiellement transportable et il peut l'être dans un local où son emploi est momentanément déconseillé.

(Reproduction interdite.)

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1953

Sixième Année, N° 70.

Série : ESSAIS ET MESURES (XXVIII).

QUELQUES ASPECTS DE LA RECHERCHE SUR LES MATERIAUX ET LES CONSTRUCTIONS AUX ETATS-UNIS (III)

MACHINES ET APPAREILS D'ESSAI

Par **M. G. DAWANCE**,

Chef du service Métaux-Physique des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics.

SOMMAIRE

	Pages.
Machines et appareils d'essai	980
Extensométrie. Modèles réduits	983
Appareils de laboratoire	984
Métaux et construction métallique	985
Mesures sur les massifs rocheux	986

PLOMBERIE SANITAIRE

Par **M. A. SAIGNE**,

Directeur technique de l'Institut de recherches et d'essais du Centre-Ouest à Poitiers.

SOMMAIRE

	Pages.
Activités des groupes des bureaux d'études	988
Activités des groupes de laboratoires	989

LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

MACHINES ET APPAREILS D'ESSAI

Par M. G. DAWANCE.

Les constructeurs américains de machines d'essai présentent une série de modèles très complète. Cependant, peu de machines diffèrent essentiellement des machines construites et utilisées en Europe et même les grandes machines de fatigue de 50 ou de 100 t à pulsateur, courantes en Europe, sont inconnues aux U. S. A.

Les descriptions suivantes se borneront donc à quelques types nouveaux de machines présentant des dispositions intéressantes.

MACHINES D'ESSAI

1^o Machine de fatigue Sonntag (constructeur Baldwin) [1].

Dans cette machine de fatigue (fig. 1 et 2), la force alternative est appliquée à l'éprouvette au moyen d'une masse excentrée réglable, entraînée par un moteur synchrone. La charge statique

est appliquée au moyen d'un ressort et, dans un modèle spécial, un dispositif électronique maintient la précharge statique à la valeur choisie. A cette machine est joint un four qui permet les essais de fatigue des métaux à chaud. Cette machine permet une charge alternative de ± 2000 kg avec une précharge statique de 3 500 kg. La disposition plane de la table supérieure de la machine permet des combinaisons particulièrement heureuses pour réaliser sans difficultés, des montages de traction, compression, flexion, torsion et pour l'essai des pièces les plus diverses.

Résumés.

MACHINES ET APPAREILS D'ESSAI

L'auteur décrit quelques types nouveaux de machines d'essai américaines dont les dispositions sont intéressantes. Une machine de fatigue Sonntag construite par BALDWIN permet une charge alternative avec une précharge statique et opère à froid ou à chaud. Les modèles récents de machines d'essai comportent des dispositifs électroniques de mesure des efforts et des déplacements. En photo-élasticité on utilise des matériaux nouveaux et un comparateur photoélectrique pour l'interpolation entre les franges. Un nouveau procédé permet de noyer des extensomètres dans le béton. On utilise des modèles réduits en plâtre pour déterminer approximativement la position de la contrainte maximum de traction. Pour l'essai des sols, on utilise une nouvelle cellule triaxiale. La mesure des densités des terrains s'opère au moyen des rayons γ . De même la teneur en eau des sols est basée sur un comptage de neutrons. En construction métallique, l'emploi de la tôle d'acier pliée prend un grand développement. Les mesures sur les massifs rocheux concernent les déformations dans les tunnels et la mesure du module d'élasticité du sol par la méthode du vérin.

Summaries.

TESTING MACHINES AND APPARATUS

The author describes some new types of American testing machines the arrangements of which are of interest. A Sonntag fatigue testing machine built by BALDWIN makes possible the combination of alternating loads with a static preload and can be operated at normal or high temperatures. The recent models of testing machines include electronic devices for measuring loads and displacements. In the field of photoelasticity new materials are being used as well as a photoelectric comparator for interpolation between the interference fringes. A new process makes it possible to embed strain gages in concrete. Scale models in plaster are being used to determine approximately the position of the major principal tensile stress. For soil testing, a new triaxial cell is in use. The measurement of the specific gravity of soils is effected by means of γ rays. In the same way, the water content of soils is based on neutron counting. In metal construction the use of bent sheet steel is largely increasing. Measurements on rocky masses are applied to deformations in tunnels and to the determination of the modulus of elasticity of soils through the jack method.

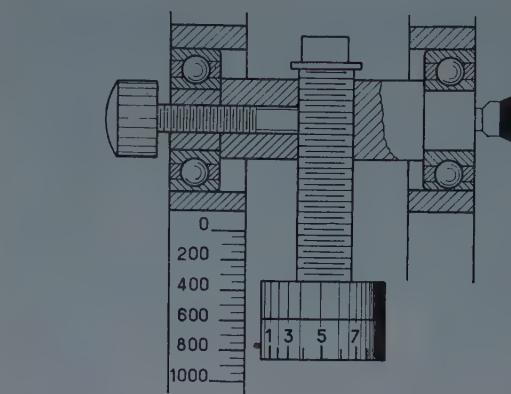
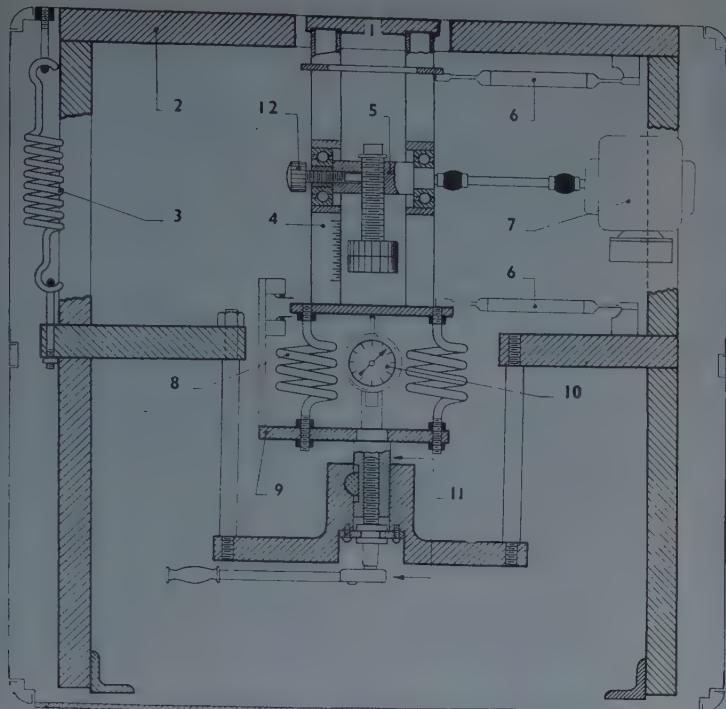
PLOMBERIE SANITAIRE

En matière de plomberie sanitaire, M. SAIGNE, après un exposé très général des conceptions américaines, décrit les laboratoires américains où de très grands locaux sont consacrés à la recherche.

SANITARY PLUMBING

On the question of sanitary plumbing, Mr. SAIGNE, after a very general review of American ideas, describes American laboratories where very large premises are devoted to research.

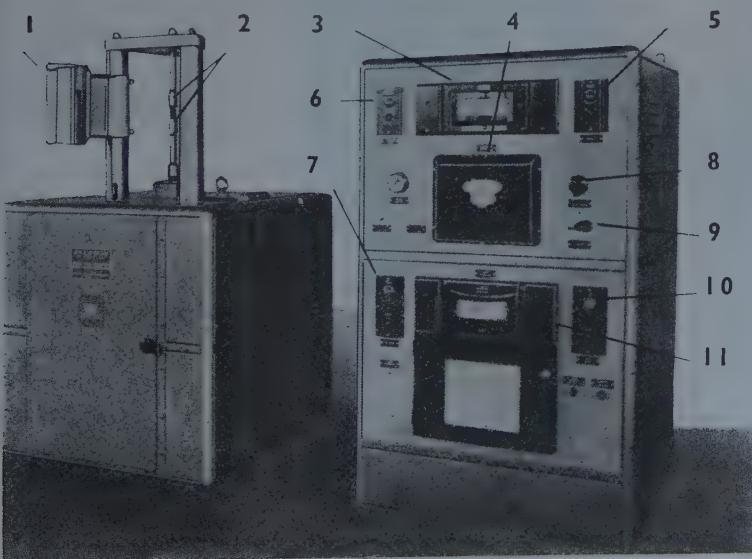
Cet exposé sera complété par l'examen des recherches sur le chauffage, le conditionnement et la ventilation aux U. S. A., à paraître dans les *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics* (décembre 1953, n° 72), dans les *Comptes rendus des Journées Internationales 1953 de Chauffage, Ventilation et Conditionnement de l'Air sous le titre Compte rendu de visite de quelques laboratoires d'essais américains*.



Cette vue de la masse excentrée montre comment on fait varier la force au moyen de la tige filetée. L'extrémité de ce poids constitue l'index de la graduation placée à gauche qui indique directement la force en livres. Une graduation circonférencielle en dixièmes de tours est gravée sur le poids. Sur le modèle S. F. I. U. un tour complet de la tige équivaut à vingt livres ou une division de l'échelle verticale, donc chaque division de la graduation circonférencielle représente deux livres.

FIG. 1. — Schéma de principe de la machine de fatigue Sonntag.

1. Plateau à mouvement alternatif;
2. Cadre fixe. Une large partie supérieure fournit un large emplacement de travail;
3. Les ressorts constituent un montage antismique, de sorte qu'aucune vibration n'est transmise des points voisins;
4. Les lectures de l'échelle se font directement en livres de force vibratoire;
5. La masse excentrée en rotation est la seule source d'excitation de la force dynamique. On fait varier la force en vissant ou en dévissant la tige filetée;
6. Les plaques flexibles maintenues dans les tubes absorbent la composante horizontale de la force centrifuge, de sorte que seule la composante verticale est transmise au plateau;
7. Le moteur synchrone entraîne la masse excentrée à une vitesse constante;
8. Les ressorts du compensateur absorbent toutes les forces d'inertie produites par les masses, ce qui évite leur transmission à l'échantillon;
9. Les plaques maintiennent fermement une extrémité des ressorts du compensateur sur le châssis fixe;
10. Le cadran indique la charge préalable;
11. Mécanisme de charge préalable;
12. Une vis à molette bloque la tige filetée à sa position.



1. Four;
2. Griffes de saisie de l'échantillon;
3. Appareil de réglage de la température du four;
4. Dispositif de réglage de la chaleur du four;
5. Interrupteur;
6. Interrupteur du moteur de charge préalable;
7. Interrupteur du moteur de graissage;
8. Bouton de réglage du transformateur;
9. Compteur de fréquence;
10. Interrupteur du moteur principal;
11. Indicateur et enregistreur de fluage.

FIG. 2. — Vue extérieure de la machine de fatigue Sonntag.
(Construction Baldwin-Lima-Hamilton, Philadelphie, Pa.)

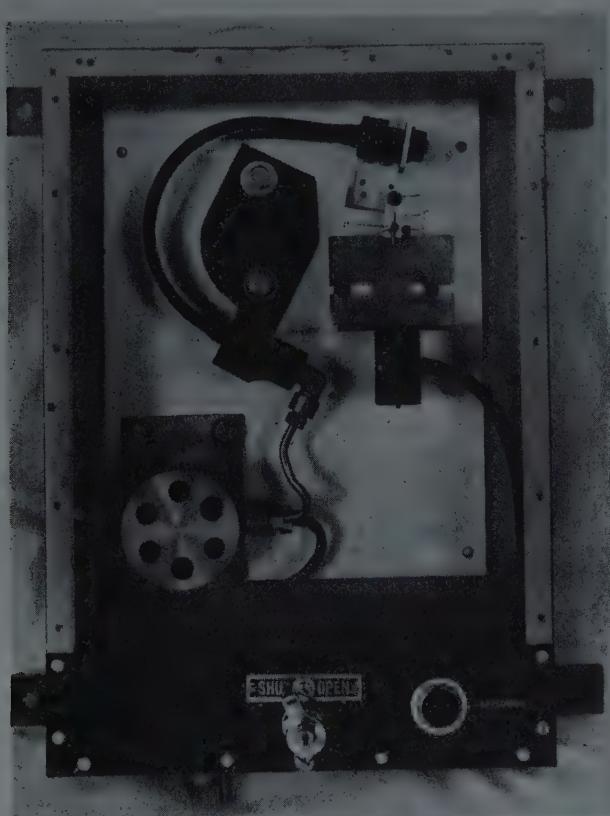


FIG. 3. — Dispositif manométrique permettant la mesure et l'enregistrement des efforts pour l'appareil de la figure 4.

2^e Dispositifs électroniques de mesure des efforts et des déplacements.

Dans les modèles récents des constructeurs de machines d'essai à commande hydraulique, le dynamomètre pendule classique est remplacé par un dispositif électronique associé à un tube de Bourdon.

Le dispositif de base est un comparateur d'une sensibilité de l'ordre de $0,5 \mu$. Le mouvement possible de la touche est de 3 mm. L'élément détecteur est constitué par un transformateur différentiel à l'intérieur duquel se déplace un noyau magnétique.

Un dispositif identique est monté côté enregistreur mais le déplacement du noyau magnétique est commandé par une vis micrométrique entraînée par un moteur électrique.

Les tensions données par les deux transformateurs différentiels sont mises en opposition et le courant résultant est amplifié. Cette tension amplifiée sert à alimenter l'enroulement d'un moteur diphasé à cage d'écuréuil. Le sens de rotation de ce moteur s'inverse en fonction de la phase de la tension de déséquilibre.

On obtient ainsi, en choisissant convenablement le sens de rotation du moteur, un asservissement du mouvement de la vis micrométrique au déplacement du détecteur. La rotation du moteur entraîne soit un tambour, une plume ou une aiguille sur un cadran.

Ce dispositif est très sensible, fidèle, précis et permet la commande de mécanismes enregistreurs rustiques où le frottement de la plume sur le papier ne trouble pas les mesures.

L'utilisation de ce dispositif comme dynamomètre est simple. Le mouvement du détecteur est commandé par un tube de bourdon et le dispositif récepteur commande l'aiguille du dynamomètre et le style de l'enregistreur (fig. 3).

Une autre application du dispositif est la réalisation d'enregistreurs de diagramme efforts-déformations très précis et d'utilisation très facile (enregistreurs efforts-déformations construction Baldwin (fig. 4) [2] et Olsen. Machines d'essai hydraulique à dynamomètre à commande électronique Olsen (fig. 5) [3].

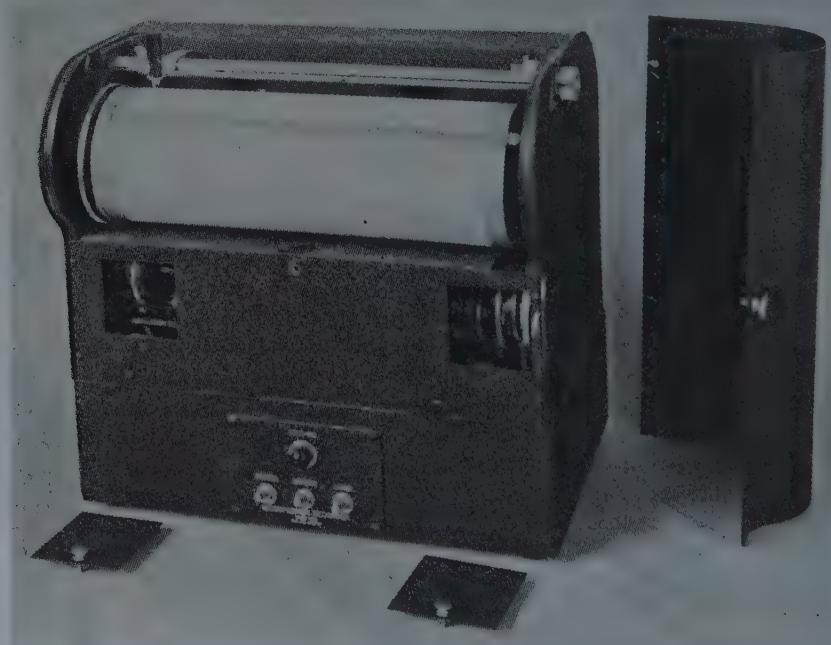


FIG. 4. — Enregistreur efforts-déformations. (Constructeur Baldwin-Lima-Hamilton, Philadelphie, Pa.)

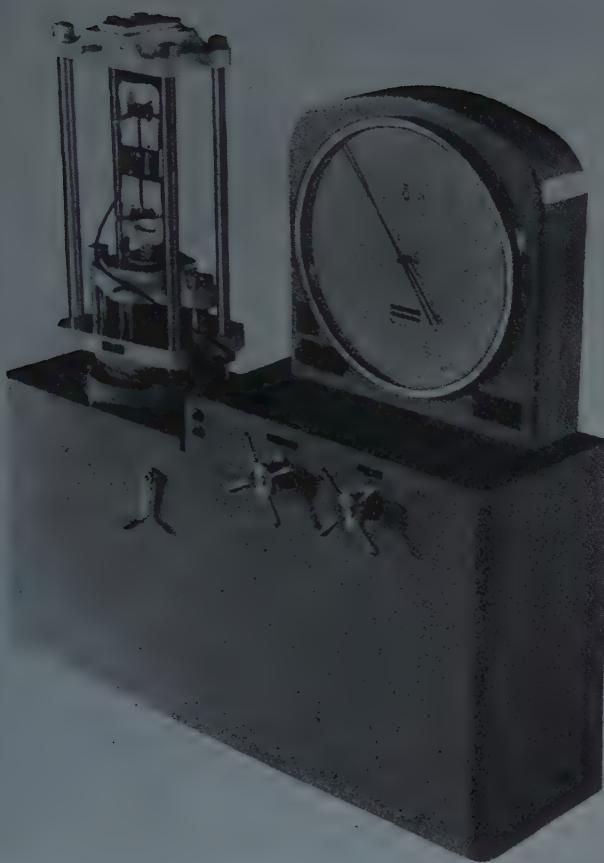


FIG. 5. — Machine d'essai à commande hydraulique, dynamomètre à asservissement électronique. (Constructeur T. Olsen, Philadelphie, Pa.)

3^e Photoélasticimétrie.

Une visite aux installations du Professeur FROCHT à Chicago a montré à la mission les dernières nouveautés en matière de photoélasticimétrie.

1^e Généralisation de l'utilisation de matériaux du type BT 61 893 ou résine Columbia CR 39, pour la construction des maquettes.

2^e Utilisation de la Fosterite pour la photoélasticimétrie à trois dimensions par la méthode du fugeage. L'araldite utilisée en France à cet usage a peut-être des qualités équivalentes et même supérieures.

3^e Études très poussées pour l'analyse des résultats obtenus par fugeage et découpage [4].

4^e Utilisation du comparateur photoélectrique pour interpolation entre les franges, en lieu et place des compensateurs optiques.

4^e Vernis fragiles.

La technique d'utilisation des vernis fragiles pour la détermination des contraintes a pris une très grande extension. De nombreuses applications de la méthode ont été faites et des recherches ont été entreprises quant aux lois de rupture du vernis [5].

En effet, des anomalies ont été remarquées dans les zones comprimées où la fissuration ne se produit pas, bien que les allongements transversaux dus à l'effet de Poisson soient supérieurs à l'allongement critique [6].

La loi approximative suivante peut être donnée pour l'interprétation des figures obtenues par vernis fragiles.

a) Quand les deux contraintes principales sont des tractions, le vernis se fissure lorsque les contraintes principales atteignent les valeurs données par l'étalonnage.

b) Quand les deux contraintes principales sont de signe différent, la loi de la déformation maximum de traction paraît valable jusqu'à un rapport des deux contraintes supérieures à -3 . Pour des valeurs plus négatives de ce rapport le vernis étant soumis à des compressions presque pures ne fissure pas (cet effet est dû à la différence des coefficients de Poisson de la couche fragile (probablement 0,5) et du métal support 0,3 ou 0,36).

EXTENSOMÉTRIE. MODÈLES RÉDUITS

Extensométrie.

Un nouveau procédé permettant de noyer des extensomètres à fil résistant dans une structure en béton a été mis au point par le National Bureau of Standards.

L'extensomètre (fig. 6) se compose essentiellement d'une enveloppe de laiton de 3/100 de millimètre d'épaisseur à l'intérieur de laquelle est placé un extensomètre de type courant (type A-9 Baldwin) sans plaque de feutre. Les deux faces de l'extensomètre sont enduites de colle et il est enfilé dans l'enveloppe de laiton; celle-ci a son extrémité évasée à l'endroit de sa sortie des fils de connexion. L'évasement est rempli de cire diélectrique pour parfaire l'étanchéité [7]; colle pour SR 4 sur béton non affectée par l'humidité, C-14 Cyleweld Chrysler Corporation, Trenton Michigan. Le collage d'extensomètres sur des barres d'acier enrobées dans le béton est décrit dans une publication du Bureau of Reclamation [8].

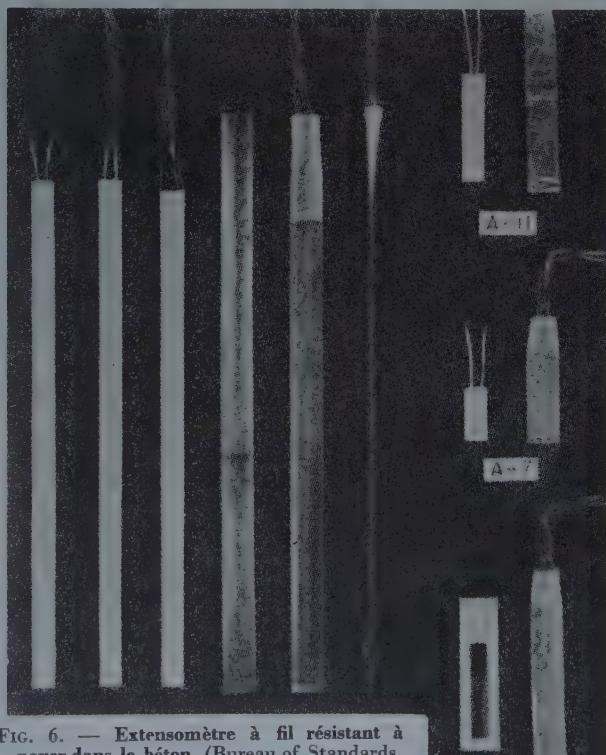


FIG. 6. — Extensomètre à fil résistant à noyer dans le béton. (Bureau of Standards, Washington D. C.)

Modèles fragiles en plâtre.

Ce procédé est utilisé après étude du plâtre pour déterminer d'une manière assez grossière, mais qui peut être très intéressante dans certains cas, la position, la direction et la grandeur de la contrainte maximum de traction.

Les modèles sont assez faciles à réaliser par moulage d'un plâtre mélangé de 60 % de sable fin (pour réduire le retrait). Cependant, certaines difficultés apparaissent dans l'interprétation des résultats si la région de la rupture est soumise à un fort gradient de contrainte et, d'autre part, une influence très nette de la dimension du modèle sur la valeur de la contrainte de rupture du plâtre a été mise en évidence.

APPAREILS DE LABORATOIRE

1^o Essai des sols triaxial.

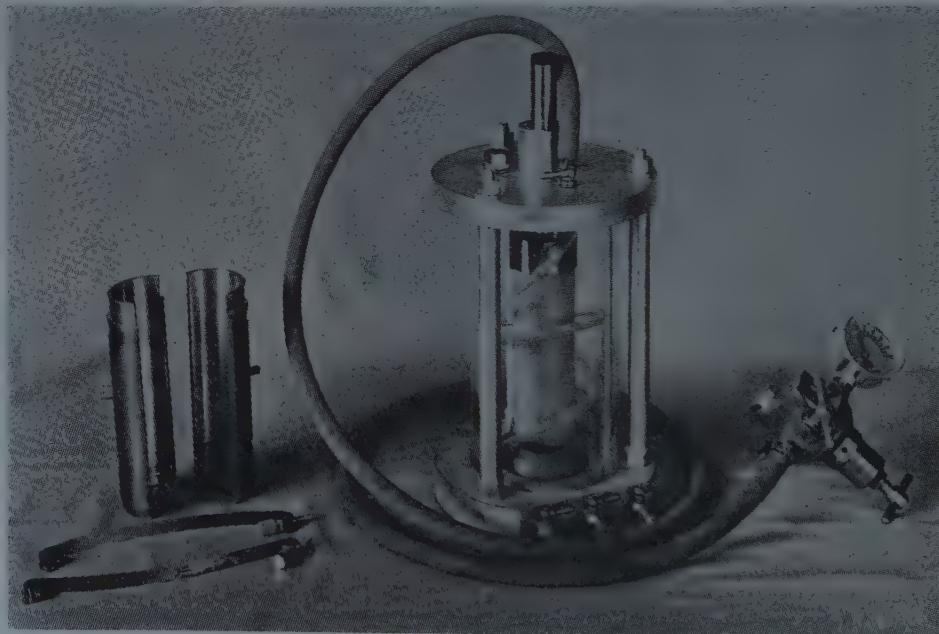
La mission a étudié d'une manière très détaillée les diverses méthodes d'essai des sols aux U. S. A. et, en particulier, a remarqué la grande importance donnée à l'essai des sols sous contraintes triaxiales.

Cet essai, assez délaissé en France, demande un outillage assez spécial pour pouvoir être exécuté sur les sols les plus divers.

Les Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics ont réalisé un prototype de triaxial d'après des idées recueillies au laboratoire des sols de l'Université de Columbia et de Harvard.

L'équipement étudié comprend le moule pour échantillon à mise en place par le vide, la cellule triaxiale avec les dispositifs de mesure de la variation de volume ou de pression des pores et le dispositif de chargement latéral par glycérine et air comprimé, le bâti de chargement (fig. 7).

FIG. 7. — Appareil pour l'essai de compression triaxial des sols. (Construction Centre expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics.)



2^o Dispositif pour la mesure des densités par utilisation des rayons γ.

Le rayonnement γ fourni par le cobalt 60, ou un autre isotope radioactif fournit le même rayonnement, est observé après passage soit dans un terrain, soit dans une épaisseur déterminée de béton.

Le rayonnement transmis est pratiquement proportionnel à la masse par unité de surface de matériau traversé.

Ce rayonnement est reçu sur un tube de Geiger et mesuré au moyen d'un compteur à décades.

Si l'on exécute deux forages parallèles et si l'on place dans l'un la source, dans l'autre le compteur, le nombre de particules comptées dépend de la densité du matériau (voir figure 8 pour une source de 50 mg de radium et pour une épaisseur de 57 cm de béton). Dans ces mesures, exécutées en Grande-Bretagne au Road Research Laboratory, on a obtenu une précision de l'ordre de 1 % pour la mesure des densités.

Dans un autre montage utilisé aux U. S. A., la source et le compteur sont placés dans le même tube, mais séparés par un écran de plomb convenable, les mesures portent sur le rayonnement diffusé. Cette disposition a l'avantage de permettre les

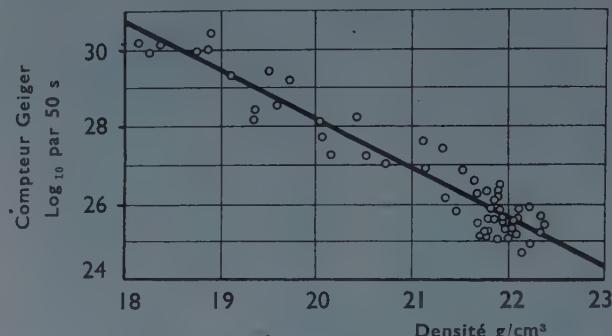


FIG. 8. — Transparence du béton aux rayons en fonction de la densité pour une épaisseur de 57 cm. Étalonnage de l'appareil du Road Research Laboratory (G.-B.).

mesures au moyen d'un seul sondage. Cependant, dans ce cas, chaque disposition de l'appareil demande un étalonnage particulier (fig. 9).

3^o Mesure de la teneur en eau des sols.

Cette méthode est basée sur le comptage des neutrons émis par une source de neutrons rapides transformés en neutrons lents après avoir rencontré les atomes d'hydrogène.

La teneur en eau est mesurée par le nombre de neutrons en retour recueillis par le compteur. La source est un mélange de radium et beryllium ou de polonium et beryllium.

Le détecteur de neutrons lents est une feuille d'argent de 7/100 de millimètre. Le degré de radioactivité induite dans la feuille par la capture des neutrons lents est mesuré au moyen d'un compteur de Geiger. La précision de la mesure est de l'ordre de 1 % sur la teneur en eau (fig. 10). La mesure intéressante le sol dans un rayon de 15 à 38 cm autour de l'appareil.

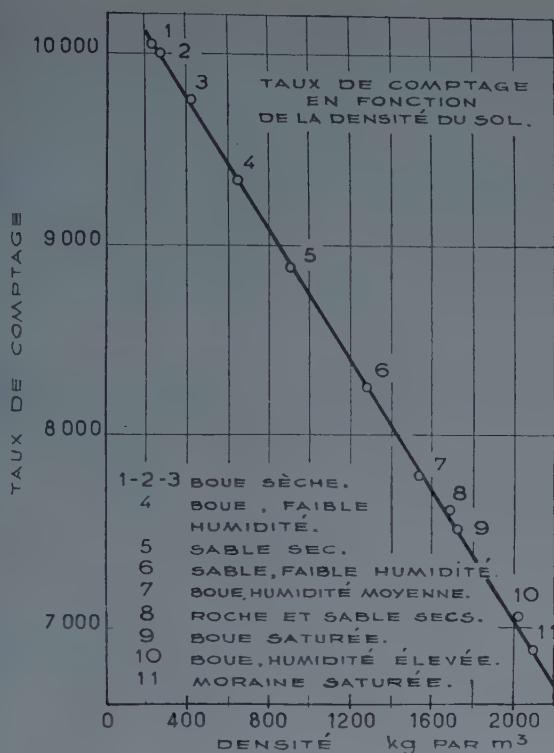


FIG. 9. — Étalonnage d'une sonde pour la mesure de la densité des sols par les rayons. (Université Cornell.)

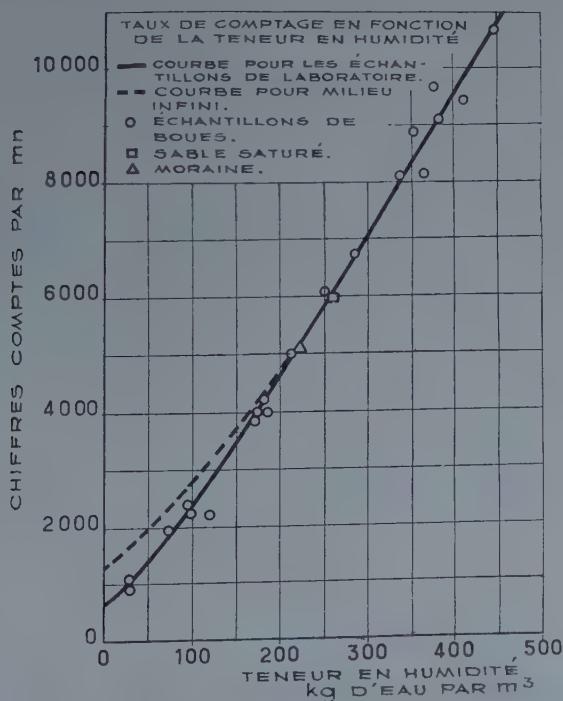


FIG. 10. — Étalonnage d'une sonde pour la mesure de la teneur en eau des sols au moyen de neutrons. (Université Cornell N. Y.).

MÉTAUX ET CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

La construction métallique traditionnelle soudée et rivée tient une grande place dans le bâtiment aux U. S. A. Les questions relatives à ces activités ont été examinées par d'autres missions et nous n'y reviendrons pas.

Cependant, l'utilisation des profils légers en tôle d'acier pliée prenant de jour en jour plus d'importance aux U. S. A., ces profils ont donné lieu à de nombreuses études théoriques et expérimentales, en particulier à Cornell University, où ces études sont exécutées sous la direction du Professeur WINTER.

Les problèmes posés par les profils en tôle pliée sont essentiellement des problèmes de stabilité des parties comprimées des poutres. L'essai de ces profils montre qu'ils périssent le plus souvent par des phénomènes très locaux de cloquage auxquels les profils classiques IPN et UPN ne sont pas sujets.

Les méthodes traditionnelles ne sont pas applicables et lorsque les caractéristiques des éléments ne sont pas fournies par le constructeur, le calcul de ces éléments est délicat (1). Il est alors sage d'avoir recours à l'expérimentation.

Les recherches théoriques et expérimentales poursuivies à Cornell permettent de dégager les points suivants :

1° Ames comprimées soutenues le long de leurs deux bords longitudinaux, pour les valeurs de b/t (rapport largeur/épaisseur) inférieures à 25, l'ensemble de la membrure peut être calculé par les méthodes habituelles. Pour les valeurs supérieures à 25, la figure 11 donne une valeur de l'âme équivalente en bon accord avec les résultats expérimentaux. La position de l'axe neutre déterminé expérimentalement correspond à ces valeurs.

2° Ames comprimées raidies sur un seul bord b_w/t inférieur à 12, comportement normal $12 < b/t < 30$. On obtient un flambage brutal pour des charges en accord avec la figure 12. Les b/t supérieurs à 30 ne sont pas conseillés car des ondes prennent naissance dès les plus faibles charges et rendent la construction inapte à supporter des charges.

Les charges que peuvent supporter des U en tôle mince avec bords repliés (fig. 13) ont été spécialement étudiées. En effet, un profil chargé dans le plan de l'âme a tendance à se déverser, c'est cependant le profil le plus facile à fabriquer par formage

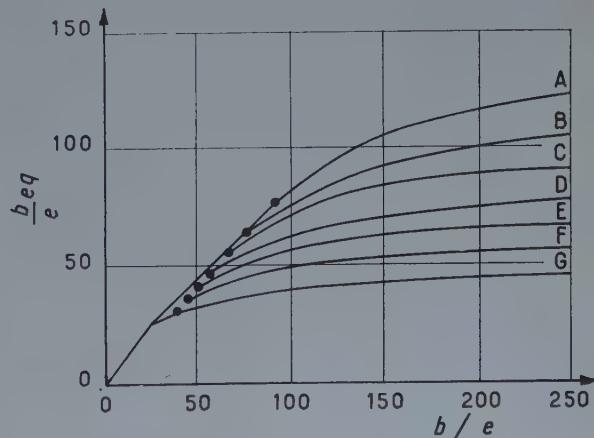


FIG. 11. — Diagramme pour la détermination de l'âme b_{eq} , ailes d'épaisseur e raidies sur les bords, en fonction de la largeur réelle de l'aile b par son épaisseur e . Les courbes notées A, B, C, D, E, F, G, correspondent à des $\frac{E}{e}$ différents :

$$\begin{array}{llll} A. 77,5 & C. 54,7 & E. 38,7 & G. 24,5 \\ B. 63,3 & D. 44,7 & F. 31,6 & \end{array}$$

(1) Voir spécification pour le calcul des éléments de construction en tôle d'acier mince, publiée par American Iron and Steel Institute (A. I. S. I.).

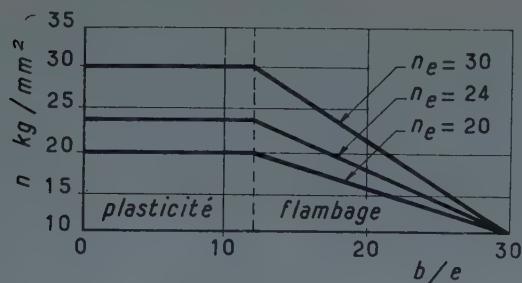


FIG. 12. — Diagramme pour la détermination de la contrainte de flambage pour une limite élastique donnée n_e , une longueur libre d'aile b et une épaisseur e .

à froid, aussi a-t-on étudié avec beaucoup de soins l'espacement à donner aux liaisons destinées à annuler cet effet.

Le comportement des profils comprimés servant de support aux matériaux de cloison, tels que planches de plâtre, a donné lieu à une étude fort intéressante sur le flambage en milieu élastique continu et discontinu.

Il a été étudié et expérimenté le comportement au flambage de petits U liés en plusieurs points à une structure (planches de plâtre, carton, etc.). Les conclusions de cette étude sont résumées dans la figure 14.

Une étude sur le même sujet a été faite en France par M. A. Lazard. Les essais ont été exécutés par la S. N. C. F. et les L. B. T. P.

L'espacement des points d'attache pour pouvoir supposer l'accrochage continu du matériau de cloison sur le profilé est :

$$a = r \sqrt{\frac{2E}{n_e}}$$

r : rayon de giration du profilé suivant un axe perpendiculaire au mur.

E et n_e : module d'élasticité et limite élastique du métal utilisé pour le profilé.

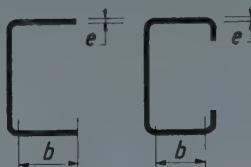


FIG. 13.

Deux types de profils U réalisés en tôle pliée.

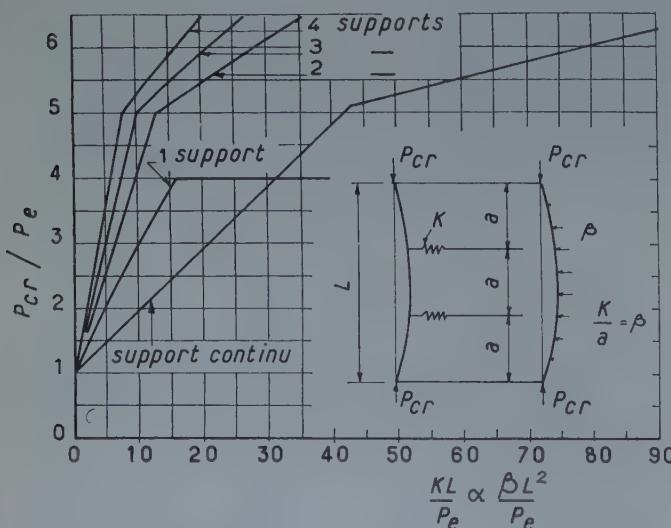


FIG. 14. — Rapport de la charge de flambage P_{cr} à la charge à la limite élastique P_e pour une colonne soutenue par plusieurs supports élastiques.

MESURES SUR LES MASSIFS ROCHEUX

1^o Mesures dans les tunnels [16].

Les laboratoires du Bureau of Reclamation à Denver (Colorado) ont eu l'occasion d'entreprendre de nombreuses recherches sur le comportement des roches.

En particulier, de nombreuses mesures de déformation ont été faites dans un tunnel en vue de déterminer les pressions régnant dans la roche à la surface de la galerie. Le procédé de mesure utilisé est classique et a déjà été utilisé souvent en France (par l'E. D. F., et les Mines de Fer de l'Est).

Des extensomètres triples sont collés en des zones où la roche est bien homogène et sans fissure. La surface est préparée par meulage, séchée. Les extensomètres sont collés, séchés et protégés au moyen d'un mastic spécial. Le carottage est effectué autour de l'extensomètre de manière à obtenir la relaxation des contraintes.

Des mesures de déformation sont effectuées avant et après le carottage.

Les modules d'élasticité et coefficient de Poisson du rocher sont déterminés sur carottes, sous la presse, par la méthode habituelle.

Tous les résultats de mesure montrent que la paroi du tunnel est comprimée, les deux contraintes principales étant des compressions. Cependant, l'ordre de grandeur des contraintes trouvées est de deux à six fois supérieur à la contrainte due au recouvrement (180 m). L'auteur attribue ce fait à des phénomènes géologiques, cependant le fait que les contraintes soient systématiquement des compressions a permis sur 61 % de la longueur du tunnel de supprimer les aciers armant le revêtement. Une autre série d'essais, dans un autre tunnel, a donné des résultats semblables. Toutes les contraintes mesurées étaient des compressions et ne semblaient pas être en relation avec la hauteur de recouvrement.

La même méthode a aussi été appliquée avec succès à la détermination des contraintes dans la face extérieure d'un barrage.

2^o Mesure du module d'élasticité du sol par la méthode du vérin.

Une autre série d'essais a été effectuée à l'occasion de la réalisation du Davis Dam Project.

Ces essais ont été faits au moyen d'un vérin de 75 t appuyant sur une plaque de 1 800 cm². Le vérin était placé au fond d'une excavation de plusieurs mètres de profondeur. Les déplacements du sol autour du vérin étaient mesurés au moyen de comparateurs.

Deux séries d'essais furent exécutées. Une le vérin poussant horizontalement, l'autre le vérin étant vertical. Dans ce cas, la butée du vérin était obtenue au moyen de trois grands réservoirs en tôle remplis d'eau.

Ces essais devaient mettre en évidence l'influence d'un grave défaut géologique sur le pouvoir portant des fondations.

Les modules d'élasticité ont été déduits au moyen de la formule classique dérivée des travaux de Boussinesq :

$$E = \frac{0,54P(1 - \sigma^2)}{aw}$$

a étant le rayon de la surface chargée;
 w la flèche au centre.

Cette formule étant établie pour le cas de la charge répartie devient :

$$E = \frac{0,50P(1 - \sigma^2)}{aw}$$

dans le cas du chargement au moyen d'un poinçon rigide (cas de l'essai).

La formule a été corrigée pour tenir compte de l'influence de la position du vérin au fond d'un trou.

Cette correction est faite en superposant trois charges suivant des anneaux de différents diamètres, de manière à obtenir une répartition des flèches sensiblement égale à celle mesurée.

Une tentative de mesure des déformations sous le vérin a été faite et donne trois résultats sensiblement en accord avec la théorie.

Il apparaît aussi que le module calculé croît linéairement en fonction de la distance à la zone désorganisée.

Des injections de mortier activé dans la zone du défaut n'ont pas amené de changement appréciable au résultat des mesures de portance.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Machine Sonntag*, notice Baldwin n° 311.
- [2] *Enregistreur - effort-déformation* Baldwin, notice Baldwin.
- [3] *Machine Super L*, notice Olsen, n° 40.
- [4] FROCHT and GUERNSEY (R.), NACA TN 2822. *A special investigation to develop a general method for three dimensional photoelastic stress analysis*. Illinois Institute of Technology.
- [5] DURELLI (A. J.) and KUBO (S. O.), *Heat treated brittle coating increases sensitivity*. Armour Research Foundation.
- [6] DURELLI (A. J.) and DE WOLF (T. N.), *Law of failure of stress coat*. Armour Research Foundation.
- [7] Strain-gages for embedment in concrete. *Technical news Bulletin of the National Bureau of Standards*, September 1951.
- [8] *The installation and use of bonded wire electric strain-gages on reinforcing bars embedded in concrete*. Bureau of Reclamation Lab. Report n° SP, 13 May 1947.
- [9] WINTER (G.), *Trends in steel design and research*. Building Research Congress, London, September 1951.
- [10] WINTER (G.), *Light gage steel. A new technic in building construction*. Cornell Engineer, March 1949.
- [11] LANSING (W.), *Thin walled members in combined torsion and flexure*. *Proceedings American Society of Civil Engineers*, March 1952.
- [12] GREEN (G. G.), WINTER (G.), CUYKENDALL (T. B.), *Light gage steel columns in wall braced panels*. Bulletin n° 35, Cornell University.
- [13] WINTER (G.), LANSING (W.) et Mc CALLEY (R. B. Jr.), *Four papers on the performance of thin walled steel structures*. Reprint n° 33. Cornell University.
- [14] WINTER (G.), Hsu (P. T.), Koo (B.), Loh (M. H.), *Buckling of trusses and rigid frames*. Bulletin n° 36, Cornell University.
- [15] WINTER (G.), *Strength of thin steel compression flanges*. Reprint n° 32, Cornell University.
- [16] Mc HENRY (D.) et OLSEN (O. J.), *Measurement of stress in rock by the strain relief method*. Bureau of Reclamation. Rapport SP 23-1.
- [17] *Foundation bearing tests at Davis Dam*. Bureau of Reclamation. Rapport SP 18 et SP 18 A.

PLOMBERIE SANITAIRE

Par M. A. SAIGNE.

Lors de nos visites aux différents organismes et laboratoires concernant l'habitat, nous avons été frappés par la grande importance donnée à l'étude et aux recherches concernant le chauffage, l'équipement sanitaire, le conditionnement de l'air et aux installations de tuyauteries et de réseaux qui en découlent.

Tous les projets, les études expérimentales et les codifications qui en résultent tendent à atteindre les buts suivants : pour un immeuble, un groupe d'immeubles ou une cité :

- Définir au départ les besoins en eau;
- Définir techniquement et financièrement les moyens propres à assurer l'alimentation en eau;
- Définir les conditions d'évacuation des eaux usées ou polluées;
- Assurer l'évacuation des eaux polluées;
- Définir les moyens et les équipements de chauffage;
- Définir sur les plans les passages et les caractéristiques de toutes les canalisations d'eau, de gaz, de vidanges, de chauffage et d'aération;
- Déterminer dans le programme de la construction le moment précis de la mise en place des canalisations, évitant ainsi tous percements inutiles de parois, ou toutes dégradations qui résulteraient d'une mise en place décalée;
- Définir les qualités, les dimensions et les formes des conduites et de l'équipement les mieux en harmonie avec les conditions climatiques, les particularités de l'installation, la qualité des eaux, et, d'une façon générale, de celles de tous les fluides véhiculés;
- Obtenir les qualités de sanitation, d'hygiène, de confort et de sécurité les plus favorables à la vie des familles;
- Arriver aux meilleures conditions économiques de réalisation et d'exploitation sans qu'aucun des critères de qualité, de durabilité et d'hygiène ne soit altéré.

Pour arriver à ces buts, nous rencontrons aux U. S. A. les différents types d'organismes suivants :

- Les bureaux d'ingénieurs-conseils,
- Les bureaux d'architectes,
- Les bureaux d'organismes d'Etats ou d'organismes fédéraux,
- Les bureaux d'études des Universités,
- Les laboratoires des Universités,
- Les laboratoires privés,
- Les organismes officiels de codification et de normalisation.

Les études générales concernant tous ces problèmes de sanitaire, de chauffage et d'installations connexes peuvent se diviser en trois parties :

- Le problème technique et financier de l'adduction d'eau et celui de l'évacuation des eaux usées;
- Le problème des installations intérieures d'eau, de chauffage, de gaz, de vidanges, etc., du point de vue technique et financier dans le cadre des normes et des codifications;
- Les études et recherches expérimentales des appareils sanitaires et des tuyauteries.

Les deux premiers problèmes sont du ressort des différents bureaux d'études précités, le dernier est du ressort des laboratoires d'Université et des laboratoires privés.

Nous allons donner un bref aperçu des activités de ces deux groupes de travail et des résultats obtenus.

Activités des groupes des bureaux d'études.

a) Ampleur des études :

Pour donner une idée de l'importance de ces bureaux dans le domaine de l'habitat, disons que pour mener à bien les études complètes et la réalisation de tous les plans d'ensemble et de détail concernant, le chauffage, l'aération, le sanitaire et les équipements de protection contre l'incendie, le nombre d'heures consacrées est de l'ordre de 6 500 pour un projet de logements de 1 200 à 1 400 familles.

Mais il faut signaler que les plans, les devis descriptifs et les spécifications sont poussés jusque dans les moindres détails et que les entrepreneurs n'ont plus aucun plan ni aucune étude à faire ; le dossier est complet et sert de base à la soumission par les entrepreneurs.

b) Adduction d'eau :

Le premier problème traité est celui de l'adduction d'eau potable, c'est un problème capital aux U. S. A. étant donné l'importante consommation d'eau par habitant ; c'est ainsi que pour la ville de New-York, la consommation privée journalière est de 4 millions de mètres cubes pour 10 millions d'habitants, soit 400 litres par habitant (en valeur environ 12 dollars par an pour une famille).

Ces consommations sont plus réduites pour les autres villes et pour les cités, mais demeurent beaucoup plus importantes qu'en France. Nous verrons par ailleurs que les recherches ont été effectuées en vue de diminuer cet appel d'eau important.

Ces quelques chiffres malgré les rectificatifs que nous venons d'indiquer montrent bien l'importance qui s'attache à cette question.

Dans le cas de constructions d'immeubles dans les villes ou de cités logements au voisinage de celles-ci, la ville, selon les cas, apporte sa collaboration financière pour l'amenée de l'eau jusqu'à l'immeuble ou au centre de la cité.

La participation de la ville peut être totale, mais dans beaucoup de cas, la contribution de la ville est de 1/3, celle du propriétaire des 2/3 ; très souvent, des études d'ensemble sont faites permettant l'établissement de conduites desservant les deux côtés d'une voie et, dans ce cas, chaque propriétaire riverain paie 1/3 du coût de l'installation.

A l'intérieur des immeubles, tous les groupements sont étudiés pour réduire le coût des installations, les pièces sont disposées dos à dos de façon à n'avoir qu'une seule conduite pour deux ou quatre appartements.

c) Évacuation des eaux usées :

Lorsqu'il n'y a pas de rivière à proximité des immeubles ou groupes d'habitations projetés, une station d'épuration est étudiée suivant les normes et codifications. Cette station est à la charge des groupements de propriétaires ou de l'organisme d'Etat ou de l'organisme fédéral qui a décidé de la construction.

D'une façon générale, toute mise en projet d'un lotissement ou d'un groupement d'habitations, commence par l'étude technique et financière de l'écoulement des eaux, eaux de pluie et eaux polluées.

d) Installations sanitaires proprement dites :

Les conditions sanitaires sont très rigoureuses aux États-Unis ainsi que les conditions de ventilation, en France nous retrouvons d'ailleurs dans bien des cas des règles analogues. (Ventilation obligatoire des W.-C., des toilettes, des cuisines.)

Le travail du projet et de l'étude est très facilité aux U. S. A. par les codifications et toutes les règles et recommandations édictées ou données par les laboratoires expérimentaux, notamment en ce qui concerne les conditions de branchement de plusieurs appareils sur un même tuyau, la réalisation des siphons, des joints hydrauliques, des tuyaux de vidange et des événements, etc.

e) Protection contre l'incendie :

Pour les immeubles dépassant trois ou six étages selon les régions ou les États, la protection contre l'incendie est très étudiée. Il existe alors une colonne d'eau spéciale de 150 mm de diamètre assurant un très grand débit d'eau et reliée à des branchements en éventails dans les immeubles. Il existe très souvent pour des locaux spéciaux des systèmes d'extincteurs automatiques déclenchant l'arrosage, comme en France d'ailleurs.

f) Chauffage :

Pour les immeubles, les groupes d'immeubles ou les groupes de maisons, le système de chauffage est commun pour le groupe. Pour beaucoup de cités, par contre, le chauffage est individuel.

Les chaudières sont préfabriquées et standardisées, comme c'est un peu le cas en Europe. Le chauffage est toujours prévu au mazout (fuel-oil lourd, le moins coûteux) avec possibilité de reconvertis au charbon pour le cas de guerre.

Les stockages sont prévus pour dix à trente jours de marche. La conduite de la chauffe et la régulation sont automatiques pour les chauffages en commun. Chaque bloc de bâtiment ou de locaux possède une valve de contrôle et un thermostat. Pour les grands immeubles, pas de chauffage par panneau parce que trop coûteux.

Dans beaucoup de cas, le chauffage est à vapeur à des pressions à 0,500, de 1 kg/cm², par raison d'économie sur les tuyauteries, sur les radiateurs et sur les convecteurs. Pour assurer une meilleure égalisation des températures, des échangeurs secondaires par bloc d'appartements sont prévus.

Le réseau est à double conduite, une pour la vapeur, l'autre pour l'eau de retour, avec très souvent une pompe pour assurer le retour de l'eau chaude. Dans beaucoup d'installations, par raison d'économie, les conduites ne sont pas noyées et restent apparentes.

Pour le chauffage dans les cités, dans les lotissements ou à la campagne, le fluide chauffant est très souvent l'eau chaude.

Dans les nombreuses constructions que nous avons vues au cours de notre voyage, le chauffage des maisons à un rez-de-chaussée (de beaucoup les plus nombreux) est assuré par le sol par des tuyaux de cuivre noyés dans le dallage en béton. La mise en place d'un tel réseau de tubes chauffants en cuivre est très rapide, malgré le coût du cuivre.

Un certain nombre de telles maisons sont chauffées par de l'air chaud (air pulsé). Les gaines de distribution d'air sont noyées dans le dallage et la forme en béton et débouchent en différents points au voisinage des parois.

La réalisation de ces gaines est très rapide, économique et simple, on l'obtient en disposant des tubes en carton avant la confection du massif servant d'assise à la maison, aux points terminaux ou aux naissances des conduites de chauffage qui vont desservir l'intérieur du local, les tubes en carton sont renforcés par de courts éléments en tôle galvanisée. Puis, au moment de la coulée, ces tubes sont mis en légère pression d'air, la cerclée étant faite, on fait tomber la pression, le béton s'est moulé sur le carton, les gaines sont ainsi réalisées.

g) Remarques diverses :

La plupart des conduites de distribution d'eau sont en cuivre (B à 95 %) avec des joints spéciaux, il est fait très peu usage de tuyaux d'acier. Cette conception de tuyauterie cuivre se comprend aux U. S. A., elle est plus rapide, plus durable et aussi économique que la construction acier.

Une expérience est à l'étude de tuyauterie comportant une feuille d'aluminium à l'intérieur de deux feuilles de cuivre.

Les tuyauteries en matière plastique sont peu utilisées, la main-d'œuvre n'apportant pas encore tous les soins désirables à la réalisation des joints.

Le transport du gaz est généralement assuré dans des tuyaux d'acier noirs.

Activités des groupes de laboratoires.

C'est dans ce domaine que nous avons vu les choses les plus originales et que nous avons constaté dans le compartiment sanitaire et plomberie notamment, l'importance des études expérimentales et des études théoriques et pratiques pour arriver aux meilleures conditions de distribution d'eau et d'évacuation des eaux usées.

Les deux laboratoires les plus importants que nous ayons visités étudiant ces questions sont le Laboratoire d'Hydraulique du Bureau des Standards à Washington et le Laboratoire des Installations sanitaires de l'Université d'Urbana. Ces deux laboratoires sont des laboratoires de recherches et non des laboratoires d'enseignement.

Nous avons à la disposition des lecteurs les traductions de deux documents d'un très grand intérêt :

— L'un provenant du Bureau des Standards et traitant de l'autosiphonage des siphons employés en plomberie (¹);

— L'autre provenant de l'Université d'Urbana et donnant sous forme démonstrative les règles pratiques concernant les installations sanitaires (²).

Il est difficile de résumer ces deux documents, c'est pourquoi, nous les tenons à la disposition des spécialistes intéressés.

Le caractère commun des travaux effectués dans ces deux laboratoires est l'ampleur des équipements et des installations expérimentales qui ont été mises en place pour l'étude rationnelle des circuits d'eau, des circuits de vidange et pour l'étude du fonctionnement correct de tous les appareils sanitaires. Et nous sommes tous d'accord pour reconnaître que ces questions méritaient d'être étudiées, la marche des systèmes sanitaires actuels laissant toujours beaucoup à désirer, sans que le remède n'apparaisse vraiment d'une façon certaine.

Dans ces deux laboratoires, des installations sanitaires complètes ont été réalisées, soit en vraie grandeur, soit en modèles réduits. Les études ont été faites en partant d'abord des systèmes les plus complexes.

Le Laboratoire du Bureau des Standards à Washington a fait une étude expérimentale et une analyse très poussée du fonctionnement du simple siphon, du joint hydraulique, des événements et des canaux d'arrivée et d'évacuation d'eau, permettant de définir les caractéristiques géométriques conduisant au bon fonctionnement des installations sanitaires sans pour cela augmenter le coût de l'équipement.

Le Laboratoire de l'Université d'Urbana dispose d'un laboratoire monté en coopération avec l'Association des entrepreneurs de plomberie de l'Illinois. Ce laboratoire a reproduit, d'une part, des installations sanitaires telles que réalisées couramment sans précautions spéciales et démontrant ainsi les défauts de celles-ci, puis des installations mises au point expérimentalement montrant les montages à fonctionnement correct.

(¹) Référence bibliothèque Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, n° 7540.

(²) Référence bibliothèque Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, n° 7542.

Ce laboratoire est finalement un laboratoire de recherches et de démonstration au service de la profession, permettant à celle-ci d'éviter des erreurs coûteuses et des fautes de construction.

Dans ces deux laboratoires, des études expérimentales ont été faites également en vue de résoudre les problèmes sanitaires des caravanes.

Le Laboratoire d'Hydraulique du Bureau des Standards moins spécialisé dans la profession que celui d'Urbana étudie également, expérimentalement, toutes les questions hydrauliques d'écoulement des eaux dans les conduites, les influences des embranchements,

les coups de bâliers, etc. Une étude est poursuivie également concernant les tuyaux d'égouts en fibres bitumineuses (fibres de bois imprégnées sous vide avec du coaltar), conduisant à une solution économique (mais toutefois non encore au point pour l'eau très chaude).

Enfin, nous signalons pour mémoire, ceci sortant du cadre particulier de ce rapport, toutes les études expérimentales scientifiques des différents laboratoires privés, laboratoires d'usines, laboratoires d'État et laboratoires d'Université dans le domaine du chauffage et de la ventilation.

(Reproduction interdite.)



LXVIII
RÉUNIE EN JUILLET 1953

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique courant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre placé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

*Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.*

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches (en fin d'analyse repère de référence).

(+) Analyses faites par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

B. — ARCHITECTURE ET URBANISME

1-68. Le problème de l'habitation (El problema de la vivienda). *Cuad. Arquit.*, Esp. (déc. 1952-jan. 1953), n° 15-16, p. 1-40, nombr. fig., 2 pl. h. t. (résumés français et anglais h. t.). — Travaux présentés au Concours pour la solution du problème de l'habitation à

Barcelone, organisé par le Collège officiel d'Architectes de Catalogne et Baléares. Étude sociale du problème de l'habitation par rapport aux zones affectées. Conditions minima de l'habitation. Possibilité d'adaptation des maisons déjà bâties et amélioration de leurs

conditions d'habitabilité. Situation et coordination des nouvelles constructions. Groupement et développement des bâtiments. Éléments constructifs et matériaux de construction. Étude économique et financière. E.25449. CDU 711.

C. — SCIENCES DE L'INGÉNIER

Ca RÉSISTANCE DES MATERIAUX

2-68. Résistance et essais des matériaux (Strength and testing of materials). Ed. : H. M. S. O., Londres, G.-B. (1952), (Select Government Res. Rep.), 2 vol. n° 6,

Part. I : 260 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl.; Part. II : 244 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-903 au chap. III « Bibliographie ». E. 25337, 25338. CDU 690.4 : 539.37 (02).

3-68. Certains problèmes de la théorie des tubes à parois minces (O kilku podstawowych

zagadnieniach teorii dźwigarow cienkoscien-nych). NOWINSKI (J.); *Arch. Mech. Stosowanej*, Pol. (1952), t. 4, p. 123-163, 4 fig., 31 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25618. CDU 621.462 : 518.5

4-68. Hypothèse de Jacques Bernouilli (O hipotezie Jakuba Bernoulli). WASIUTYNSKI (Z);

Conformément aux recommandations faites par le *Conseil International de Documentation du Bâtiment* (C. I. D. B.), les analyses présentées dans la **Documentation Technique** comportent leur indexation suivant les notations de la Classification Décimale Universelle (CDU). Les analyses sont publiées dans la **Documentation Technique** dans l'ordre des rubriques de la classification, du système CORDONNIER, mise au point il y a quelques années pour le rangement du fichier de documentation de l'*Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*.

Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (1952), t. 4, p. 93-103, 7 fig., 4 réf. bibl. (résumé français). E. 25618. CUDU 539.37.

5-68. Principes de la dynamique des corps non élastiques (Podstawy dynamiki ciał niespłynnych). BIEŃEK (M.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (1952), t. 4, p. 43-92, 18 fig., 31 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25618. CUDU 539.3.

6-68. Mécanique des matériaux (Werkstoff-mechanik). SIEBEL (S.); V. D. I., All. (1^{er} juin 1952), vol. 94, n° 16, p. 465-471, 17 fig., 13 réf. bibl. E. 25117. CUDU 539.3.

7-68. L'emploi des méthodes de relaxation dans la technique. I. (The use of relaxation methods in engineering). WRIGHT (W.); Civ. Engng, G.-B. (mai 1953), vol. 48, n° 563, p. 435-437, 13 fig. E. 25355. CUDU 539.3.

8-68. Certains cas de frottement anisotropique (O pewnych przypadkach anizotropii tarcia). ZIEMBA (St.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (1952), t. 4, p. 105-121, 15 fig., 5 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25618. CUDU 539.3.

Cac n Procédés de calcul.

9-68. L'emploi des modèles dans l'étude des constructions. I. II. (fin) (The use of models in structural analysis). WRIGHT (J.); Engineering, G.-B. (5 juin 1953), vol. 175, n° 4558, p. 710-712, 10 fig., 3 réf. bibl.; (12 juin 1953), n° 4559, p. 741-742, 9 fig., 2 réf. bibl. E. 25588, 25708. CUDU 518.5 : 620.015.7 (02).

10-68. Recherches expérimentales et théoriques sur les plaques minces (Experimentelle und theoretische Untersuchungen an dünnen Platten). GILG (B.); Publ. Lab. Photoélasticité (École polytech. fédérale, Zurich), Suisse (1952), n° 5, 98 p., 21 fig., 1 pl. h. t., réf. bibl. — Méthodes optiques pour la détermination des moments. Équations de la théorie des plaques minces homogènes. Recherche photoélastique. Plaques à deux couches, leur étude photoélastique. Constantes relatives aux poutres d'essais. Mesure des moments de flexion suivant le mode d'appui et de chargement des plaques. Plaques circulaires d'épaisseur variable suivant le rayon, sous charge hydrostatique. E. 25129. CUDU 691.413 : 518.5.

11-68. Détermination de moments d'inertie constants équivalents pour pièces comprimées à sections variables (Ermittlung konstanter Ersatz-Trägheitsmomente für Druckstäbe mit veränderlichen Querschnitten). DIMITROV (N.); Bauingenieur, All. (juin 1953), n° 6, p. 208-211, 18 fig., 7 réf. bibl. E. 25423. CUDU 518.5 : 539.37.

12-68. Nouvelles applications de la méthode des analogies électromécaniques dans le calcul des éléments de machines et les ossatures des bâtiments (Nowe zastosowania metod analogii elektromechanicznych do obliczania elementów maszyn i konstrukcji budowlanych). MALECKI (I.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (1952), t. 4, p. 23-42, 22 fig. (résumé anglais). E. 25618. CUDU 693.9 : 518.5.

13-68. Certains cas de torsion des barres (O

pewnych przypadkach skrećania pretow). NOWACKI (W.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (mars 1953), t. 5, n° 1, p. 21-46, 20 fig., 4 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25617. CUDU 539.37 : 518.5.

14-68. Torsion d'une barre de section rectangulaire dans laquelle une section transversale reste plane (Skrećanie preta prostopadłosciennego, którego jeden przekrój pozostaje płaski). NOWINSKI (J.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (mars 1953), t. 5, n° 1, p. 47-66, 7 fig., 7 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25617. CUDU 539.37 : 518.5.

15-68. Généralisation de l'analogie de la membrane élastique pour les problèmes des systèmes anisotropes (Uogólnienie analogii membranowej do zagadnień układów anizotropowych). OLSZAK (W.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (mars 1953), t. 5, n° 1, p. 89-106, 5 fig., 23 réf. bibl. (résumé français). E. 25617. CUDU 539.37 : 518.5.

16-68. Application de la transformation de Laplace aux problèmes statiques du bâtiment (O zastosowaniu transformacji Laplace'a do zagadnień statyki budowli). IWINSKI (T.); Arch. Mech. Stosowanej, Pol. (mars 1953), t. 5, n° 1, p. 107-164, 25 fig., 6 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25617. CUDU 518.5.

17-68. Résistance, sécurité et dimensions économiques des constructions (Strength, safety and economical dimensions of structures). JOHNSON (A. I.); Instn Byggnadstatik, Kungl. Tek. Högskolan, Suède (1953), Meddel. n° 12, 154 p., 52 fig. — Solution du problème consistant à déterminer les dimensions économiques des éléments de construction. Étude théorique et expérimentale des fonctions relevant dans l'étude du problème. Comparaison entre les résultats théoriques et pratiques. Conditions fondamentales pour déterminer les dimensions économiques. Bibliographie. E. 25384. CUDU 690.4 : 518.5 (02).

18-68. Application de la méthode des lignes d'influence au calcul des structures soumises à des charges fixes. MASSE (R.); Génie civ., Fr. (1er juin 1953), t. 130, n° 11, p. 213-214, 9 fig. E. 25571. CUDU 518.5 : 690.4.

19-68. Détermination des lignes d'influence. I. II. (Bepaling van invloedsgronden); Polytech. T., Pays-Bas (6 fév. 1952), n° 5-6, p. 94b-100b, 49 fig.; (9 déc. 1952), n° 49-50, p. 853b-856b, 11 fig. E. 19143, 23228. CUDU 518.3.

Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES

20-68. Sur la théorie des écoulements de filtration. SCHNEEBELI (G.); Houille Blanche, Fr. (1953), numéro spécial A, p. 186-192, 5 fig., 1 réf. bibl. E. 25621. CUDU 532.5 : 624.131.2.

21-68. Nouvelles méthodes pour le calcul expérimental des écoulements dans les massifs poreux. HUARD DE LA MARRE (P.); Houille Blanche, Fr. (1953), numéro spécial A, p. 193-207, 18 fig., 5 réf. bibl. E. 25621. CUDU 532.5 : 624.131.4.

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Dab j Matériaux métalliques.

29-68. Méthodes de liaison des métaux légers. II. (Verbindungsarbeiten an Leichtmetallen). FROIDEVAUX (H.); Ingenieur, Pays-Bas (23 jan. 1953), n° 4, p. W. 17-W. 27,

20 fig. (résumé anglais). — Rivetage. Brassage. Soudage. Nombreux exemples pour l'application des profils spéciaux. E. 23857. CUDU 691.77 : 693.97.

Dab le Liants. Chaux. Plâtre. Ciments.

30-68. Les nouvelles normes suisses pour

Ci GÉOPHYSIQUE

Cib Géologie. Minéralogie.

22-68. Détermination sur place de la grandeur des grains de sable (Homokszemnagyság helyszíni meghatározása). MIHALITZ (I.); Tiré à part de : Földtani Közlöny, Hongrie (1952), vol. 82, 1-3 sz, p. 51-57, 3 fig., 5 fig. h. t., 1 réf. bibl. (résumé français). E. 25459. CUDU 553.62 : 691.32.

Cib m Étude des sols.

23-68. Établissement des cartes et exploration du sous-sol pour des buts industriels (Mapping and subsurface exploration for engineering purposes). OLMSTEAD (F. R.); BARNE (H. E.); MARSHALL (H. E.); Highw. Res. Board (Nation. Acad. Sci. Nation. Res. Council, publ. 252), U. S. A. (1952), Bull. n° 65, III + 54 p., 28 fig. E. 25482. CUDU 526.8 : 622 : 624.131.

24-68. Estimation de l'affaissement des fondations par des essais uniaxiaux de consolidation (Estimating foundation settlement by onedimensional consolidation tests). GIBBS (H. J.); U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), Denver, U. S. A. (mars 1953), Engng Monographs n° 13, II + 24 p., 16 fig., 1 fig. h. t., 31 réf. bibl. — Matériel; procédé. Interprétation théorique pour l'application des résultats des essais. Limites à imposer à ces essais. Répartition des pressions sous une aire chargée. Étude des affaissements, des temps de consolidation. Discussion. E. 25520. CUDU 624.131 : 624.15 : 690.592 (02).

25-68. Principes de la congélation du terrain et son importance pour la technique des fondations. I. (Grundsätzliches über die Baugrundvereisung und deren Bedeutung für grundbautechnische Zwecke). SEYDEL (K.-H.); Bautechnik, All. (mai 1953), n° 5, p. 131-137, 14 fig. E. 25144. CUDU 624.131 : 624.15.

26-68. Mesure des mouvements rapides et des forces dynamiques dans le pionnage et les opérations analogues (Die Messung schneller Bewegungen und dynamischer Kräfte bei Rammungen und ähnlichen Vorgängen). GRAS-SHOFF (H.); Bautechnik, All. (mai 1953), n° 5, p. 137-140, 10 fig., 8 réf. bibl. E. 25144. CUDU 624.131 : 620.1.

27-68. Des glissements de terres menacent la zone de Grand Coulee (Landslides menace Grand Coulee area). Engng News-Rec., U. S. A. (14 mai 1953), vol. 150, n° 20, p. 27. E. 25493. CUDU 624.131.4 : 627.1.

Cic Hydrographie.

28-68. Coagulation des boues de rivière au contact de l'eau de mer (d'après les études faites à Rotterdam) (Coagulation van rivierslib bij ontmoeting met zeewater). SANTEMA (P.); Ingenieur, Pays-Bas (17 avr. 1953), n° 16, p. B.70-B.72, 3 fig., 9 réf. bibl. (résumé anglais). — Il se produit une sédimentation abondante et l'augmentation de teneur en matières organiques de l'eau du Rhin peut avoir une influence sur la teneur en eau, donc sur la densité du sédiment. E. 24964. CUDU 627.1.

les agglomérants hydrauliques (Le nuove norme Svizzere per gli agglomeranti idraulici). Corr. Costr., Ital. (14 mai 1953), n° 20, p. 6, 2 fig. E. 25406. CUDU 691.5 : 389.6.

31-68. Recherches sur les ciments Portland (Investigations of Portland cements). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1949), 1 vol., Bull. 2 (Boulder Canyon project. « Final reports »). Part. VII : Cement Concr.

Investig.), XXX + 528 p., 373 fig., 2 fig. h. t., 17 réf. bibl. — 1^o Renseignements généraux; symboles. 2^o Recherches à Washington : renseignements descriptifs; méthode d'essais; discussion des résultats des essais. 3^o Relation des essais avec le béton en masse; conclusions. 4^o Appareils; matériaux; méthode d'essais; analyse du ciment et du clinker. 5^o Caractéristiques chimiques du ciment; broyage; finesse; élévation de température; hydratation; rapport résistance/chaleur; résistance et durée du mortier et du béton; changements de volume du mortier; absorption d'eau par les ciments; 6^o Recherches à Denver; propriétés des ciments; résistance; module d'élasticité; nombre de Poisson; durabilité; changements de volume; écoulement plastique. 7^o Matériel à Denver; méthodes; grammométrie des agrégats; mélanges; calorimètres adiabatiques; appareils accessoires; thermomètres. Essais : d'élasticité, de durée, d'écoulement plastique, à la flexion. Résultats d'essais; analyse chimique; essais de résistance à la compression; échauffement dû à l'hydratation du béton en masse; rapport de la résistance à la chaleur; propriétés élastiques; durée; changements de volume; écoulement plastique; essai à la flexion. 9^o Comparaison des essais des divers laboratoires. 10^o Renseignements complémentaires; autres ciments; comparaison des spécimens des essais. E. 25577. C.D.U. 691.542 (02).

32-68. Le ciment métallurgique sursauté (Der Gips-Schlackenzement). RIMATHE (W.); Hoch-Tiefbau, Suisse (16 mai 1953), n° 20, p. 160-162, 9 réf. bibl. E. 25325. C.D.U. 691.542.

33-68. Pourquoi et comment le ciment de laitier par broyage humide a été adopté pour la construction du barrage de Bort. CLERET DE LANGAVANT (J.); 1 broch. (1952), 15 p., 2 réf. bibl. E. 25700 C.D.U. 691.54 : 627.8.

Dab lel r Sous-produits industriels.

34-68. Production du laitier de haut fourneau commercial (Production of commercial blast furnace slag). HUBBARD (F.); J. A. C. I., U. S. A. (avr. 1951), vol. 24, n° 8, p. 713-719, 1 fig., 15 réf. bibl. E. 25506. C.D.U. 691.322.55.

35-68. Laitier de haut fourneau (Die Hochofenschlacke). RIEDEBERGER (R.); Bauplan-Bautech., All. (mai 1953), n° 5, p. 220-223, 3 fig., 1 réf. bibl. E. 25567. C.D.U. 691.322.55.

Dab lel s Agglomérés.

36-68. Nouveau type de bloc en béton (New type of concrete block). Concr. Build. Concr. Prod., G.-B. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 105, 3 fig. (Tiré du « Génie civ. »). E. 25394. C.D.U. 691.32-412.

37-68. Emploi des blocs de béton léger compte tenu des nouvelles normes (allemandes) DIN 1053 et DIN 4106 (Die Verwendung von Leichtbetonsteinen unter Berücksichtigung der neuen Norman DIN 1053 und DIN 4106). BÖCKL (W.), THIMM (G.); Betonst.-Ztg., All. (mai 1953), n° 5, p. 179-182, 9 fig., 3 réf. bibl. (résumés anglais et français). E. 25417. C.D.U. 691.32-412 : 389.6.

38-68. Blocs en béton (Muurelementen van beton). VAN DER MEER (Z. Y.); Bouw, Pays-Bas (2 mai 1953), n° 18, p. 328-335, nombr. fig. E. 25145. C.D.U. 691.32-412.

Dab lem r Briques. Tuiles. Poteries.

39-68. Briques d'argiles perforées (Perforated clay bricks). B. R. S., Dig., G.-B., (avr. 1953), n° 53, 4 p., 3 fig. E. 25109. C.D.U. 691.421-478.

40-68. Surveillance de la qualité de l'industrie de la brique conformément à la norme allemande DIN 1053. Allégement des murs. Emploi des briques creuses. (Güteüberwachung der Ziegelindustrie in Anlehnung an die DIN 1053. Mauerwerk, Berechnung und Ausführung). BRÖCKER (O.); Ziegelindustrie, All. (2 mai 1953), n° 10, p. 416-419, 7 fig. E. 25430. C.D.U. 691.421-478.

41-68. Type de brique à pose rapide (Un tipo di mattoni di rapida posa). Corr. Costr., Ital. (21 mai 1953), n° 21, p. 6, 1 fig. E. 25425. C.D.U. 693.2 : 691.421.

Dab m Bois et matériaux à base de bois.

42-68. Le cafard domestique à longues cornes (The house longhorn beetle). DAVIES (A. G.), CANOVAN (A. E.); Architect, G.-B. (21 mai 1953), vol. 203, n° 21, p. 610-613, 4 fig. — Monographie relative à cet insecte destructeur des bois. E. 25387. C.D.U. 620.193.86 : 691.11.

43-68. Mise en peinture et vernissage du bois. I. GILLES (F.); Bâtir, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 29-36. E. 25573. C.D.U. 691.11 : 691.57 : 667.7.

Dac PEINTURES PIGMENTS. VERNIS PRODUITS ANNEXES

44-68. Manuel de peintures pour la vérification des peintures et de leur application (Paint manual, for the control of paints and painting). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (avr. 1951), 1 vol. (Reclamat. Manual special. Suppl.), x + 203 p., 24 fig., réf. bibl. — I. Peintures et matières pour peintures; revêtements : pigmentés, transparents, bitumineux; autres types de revêtements. Matériaux accessoires des peintures. II. Peinture des ouvrages en bois; choix des peintures; préparation des surfaces; préparation et application des peintures; peinture d'entretien. III. Peinture des ouvrages métalliques; corrosion; choix des revêtements; préparation des surfaces; préparation et application des peintures; manutention et magasinage des ouvrages métalliques peints; peinture d'entretien. IV. Peinture du béton, du plâtre et des surfaces diverses; choix des peintures; préparation des surfaces; préparation et application des peintures; peinture d'entretien. V. Inspection et échantillonnage. VI. Sécurité et soins à donner aux matières; liste d'applications. E. 25548. C.D.U. 691.57 : 698.1 (02).

45-68. Peintures et objets lumineux. KORANSKY (P.); Bâtir, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 21-24, 6 fig. E. 25573. C.D.U. 535.37 : 691.57.

Daf SÉCURITÉ DES CONSTRUCTIONS

Daf 1 Corrosion.

46-68. La lutte contre la corrosion (Corrosion and its prevention). ORDMAN (N. N. B.); Dock Harbour Author., G.-B. (mai 1953), vol. 34, n° 391, p. 9-11, 1 réf. bibl. — Considérations pratiques dans le domaine du génie maritime. E. 25364. C.D.U. 620.19 : 699.8.

47-68. La lutte contre la corrosion souterraine aux usines « New Fairless » (Fighting underground corrosion at the New Fairless works). COLEMAN (W. E.), FROSTICK (H. G.); Heat. Pip. Air condition., U. S. A. (avr. 1953), vol. 25, n° 4, p. 85-87, 1 fig. — Protection des tuyauteries et autres dispositifs de service. Élimination du cuivre nu. Anodes de magnésium. Recouvrements isolants sur les tuyaux

et les câbles. Disposition des installations dans le sol pour permettre l'étude du problème de la corrosion par les courants parasites. E. 25190. C.D.U. 620.193 : 699.8.

Deb INFRASTRUCTURE ET MAÇONNERIE

Deb ja Consolidation du sol. Assèchement. Drainage.

48-68. Compactage des sols. I. (Het verdichten van grondsoorten). BARENTSEN (P.); Polytech. T., Pays-Bas (9 déc. 1952), n° 49-50, p. 857b-860b, 9 fig. E. 23228. C.D.U. 624.138.

Deb ji Fondations.

49-68. Travaux récents de recherches sur les fondations et application à l'établissement des projets (Some recent foundation research and its application to design). MEYERHOF (G. G.); Struct. Engr., G.-B. (juin 1953), vol. 31, n° 6, p. 151-167, 22 fig., 21 réf. bibl. — Stabilité, tassement, contraintes dues au tassement, mouvement horizontal et mouvement de basculement de la fondation. E. 25629. C.D.U. 624.15 : 624.131.

50-68. Palplanches en Hollande (Sheet piles in Holland). VAN DER MEULEN BOSMA (P. F.); Concr. Build. Concr. Prod., G.-B. (avr. 1953), vol. 28, n° 4, p. 75-76, 7 fig. E. 25393. C.D.U. 624.15.

51-68. Fondations en acier pour groupes turbo-électriques (Stahlfundamente für Turbo-Gruppen). KOLLMRUNNER (C. F.); HAUETER (O.); Mitt. Forsch. Konstrukt. Stahlbau, Suisse (août 1950), n° 12, 21 p., 6 fig., 30 réf. bibl. — Avantages de la fondation en acier sous le rapport des vibrations et de la construction. E. 25062. C.D.U. 624.15 : 693.97.

52-68. Projet, calcul et exécution en béton armé et agrégats de débris de briques des fondations de moteurs Diesel soumises à des vibrations (Entwurf, Berechnung und Bauausführung von schwingsbeanspruchten Dieselmotorenfundamenten in Stahlbeton mit Ziegelsplittzusatz). FIESINGER (H.); Bautechnik, All. (mai 1953), n° 5, p. 121-127, 19 fig. E. 25144. C.D.U. 624.15 : 699.84.

53-68. Réparation de pieux en béton (Repairing concrete piles). Dock Harbour Author., G.-B. (mai 1953), vol. 34, n° 391, p. 8, 3 fig. — Nouveau système pour augmenter la résistance. Emploi d'explosifs puissants. E. 25364. C.D.U. 624.154.15.

54-68. Fonçage de pieux en sol meuble (Pile driving in soft ground). Dock Harbour Author., G.-B. (mai 1953), vol. 34, n° 391, p. 8, 3 fig. — Nouveau système pour augmenter la résistance. Emploi d'explosifs puissants. E. 25364. C.D.U. 624.154.15.

55-68. Comptes rendus de l'Assemblée générale de l'Association allemande du Béton à Berlin, 7 et 8 mai 1952 [Hauptversammlung am 7. und 8. Mai 1952 in Berlin, Vorträge. Deutscher Beton-Verein (E. V.)]. Éd. : Deutscher Beton-Verein (E. V.), Wiesbaden, All., 1 vol., n° 49, 334 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B-904 au chap. III « Bibliographie ». E. 23336. C.D.U. 691.32 (02).

56-68. Fabrication, manutention et vérification du béton (Concrete manufacture, handling, and control). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1947), 1 vol., Bull. 4 (« Boulder Canyon project. Final reports »). Part. IV : Design Constr., VII + 241 p., 122 fig., 18 réf. bibl. — 1^o Recherches et renseignements généraux. 2^o Matériaux du béton : gravier, agrégats, alimentation en eau. 3^o Composition et malaxage; installations de malaxage aux niveaux supé-

rieur et inférieur. 4^o Matériel de manutention du béton; transport; coffrages; mise en place. 5^o Méthode de mise en place; traitement après mise en place; coulées dans les joints; contrôle du retrait. 6^o Contrôle du béton; fabrication et classement du ciment; production des agrégats; classement des sables; criblage du gravier; fabrication et manutention du béton. E. 25575. C.D.U. 691.32 (02).

57-68. Les journées de l'Association allemande du Béton, avril 1953, à Stuttgart (Tagung des Deutschen Beton-Vereins, 15-17 avril 1953 in Stuttgart). *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} juin 1953), n° 6, p. 287-288, 1 fig. — Liste des communications présentées. E. 25604. C.D.U. 691.32 (061.3).

58-68. Essais sur modèles réduits d'ouvrages en béton armé. VILLARD (A.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (13 juin 1953), n° 11-12, p. 266-271, 18 fig. E. 25616. C.D.U. 691.322 : 620.015.7.

59-68. Influence de la cadence d'application des charges sur la résistance à la compression et les propriétés élastiques du béton (Effect of straining rate on the compressive strength and elastic properties of concrete). WATSTEIN (D.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (avr. 1953), vol. 24, n° 8, p. 729-744, 20 fig., 1 réf. bibl. E. 25506. C.D.U. 691.328 : 539.37.

60-68. Essai du béton à l'aide des ultrasons (Betonprüfung mit Hilfe von Ultraschall). WESCHE (K.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mai 1953), n° 5, p. 116-119, 10 fig., 16 réf. bibl. E. 25303. C.D.U. 620.1 : 534.321.9 : 691.32.

61-68. Résultats et conséquences d'une sélection d'essais officiels sur des pièces préfabriquées en béton : blocs creux en béton, poutres en béton (Ergebnisse und Folgerungen aus einer Auswahl von amtlich durchgeführten Versuchen mit Stahlbetonfertigteilen). MLOSCH (P.); *Bauplan. Bautech.*, All. (mai 1953), n° 5, p. 203-211, 57 fig., 5 réf. bibl. E. 25567. C.D.U. 691.32 : 620.1.

62-68. Influence de la bentonite dans les mortiers et les bétons (Influencia de la bentonita en morteros y hormigones). LOBEZ ZIGARAN (R. A.); *Tecnica*, Argent. (sep. 1952), vol. 1, n° 5, p. 234-238, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 25165. C.D.U. 691.328 : 553.611.6.

63-68. Dosage des bétons dans les ouvrages (La dosificación de los hormigones en las obras). DE LA PENA (C.); *Inst. tec. Constr. Cemento*, Esp. (1^{re} Assembl. gén.), n° 123, 20 p., 18 fig. E. 25296. C.D.U. 691.32 : 693.5.

64-68. Comment essayer les agrégats sur place (How to test aggregates on the site). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 1, 6 p., 6 fig., 1 réf. bibl. — Comment emmagasiner les matériaux destinés au béton (How to store materials for concrete) (mars 1953), n° 2, 5 p. — Comment améliorer le mélange pour béton (How to mix better concrete) (oct. 1951), n° 3, 5 p., 3 fig. — Comment doser le béton (How to batch concrete by volume) (oct. 1951), n° 5, 5 p., 7 fig. — Comment doser le béton en poids (How to batch concrete by weight) (oct. 1951), n° 6, 6 p., 6 fig. — Comment déterminer la teneur en humidité des agrégats (How to find the moisture content of aggregates) (oct. 1951), n° 7 14 p., 11 fig. E. 25644, 25645, 25646, 25648, 25649, 25650. C.D.U. 691.322 : 620.1.

65-68. Possibilités d'une rationalisation par l'emploi d'agrégats appropriés. I. II. (fin) (Möglichkeiten einer Rationalisierung durch Anwendung geeigneter Zusatzmittel). KARSTEN (R.); *Bauwirtschaft*, All. (15 avr. 1953), n° 15-16, p. 363-369, 24 fig., 6 réf. bibl.; (25 avr. 1953), n° 17-18, p. 426-428, 9 fig., 2 réf. bibl. E. 24920, 25072. C.D.U. 691.32 : 389.6.

66-68. Agrégats du béton et leur action sur le ciment de laitier sulfaté (Betonzusatzmittel und deren Einwirkung auf Sulfat-Hüttenzement). ETTEL (O.); *Bauplan. Bautech.*, All. (mai 1953),

n° 5, p. 223-228, 14 fig., 8 réf. bibl. E. 25567. C.D.U. 691.322 : 691.542.

67-68. Comment faire l'essai de gonflement du sable (How to test sand for bulking). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 8, 6 p., 6 fig. — Comment faire des cubes pour les essais (How to make test cubes), n° 10, 8 p., 6 fig. E. 25651, 25653. C.D.U. 691.322 : 620.1.

68-68. L'essai d'affaissement (The slump test). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 4, 6 p., 10 fig. E. 25647. C.D.U. 691.328 : 539.37.

69-68. Détermination du comportement du béton du point de vue de l'élasticité et du fluage dans les ouvrages (Die Bestimmung des Elastizitäts- und Kriechverhaltens von Beton in Bauwerken). EIDELMANN (C. Ja.); *Bauplan. Bautech.*, All. (mai 1953), n° 5, p. 233-236, 4 fig., 4 réf. bibl. (Tiré de « *Gidtech. Stroft* », 1952, vol. 21, n° 5, p. 12). E. 25567. C.D.U. 691.32 : 539.37.

70-68. Les attaques chimiques du béton. L'HERMITE (R.); *Bâitr. Fr.* (juin 1953), n° 31, p. 16-20, nombr. fig. E. 25573. C.D.U. 691.32 : 620.191.7.

71-68. Contrôle de qualité du béton. Sa base rationnelle et ses aspects économiques (Quality control of concrete. Its rational basis and economic aspects). PLUM (N. M.); *Proc. Instn civ. Engrs. G.-B.* (mai 1953), Part I, General, vol. 2, n° 3, p. 311-336, 9 fig., 30 réf. bibl. E. 25348. C.D.U. 691.32 : 620.1.

72-68. Achèvement de la surface du béton (Afwerken van betonoppervlakken). SCHARROO (P. W.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1951), n° 11-12, p. 187-190, 9 fig. (résumés anglais, français, allemand). E. 18484. C.D.U. 693.558.

73-68. Contribution à la discussion du problème de l'élasticité du béton (Contribución para la discusion del problema de la elasticidad del hormigón). WETTSTEIN (H.); *Hormigon Elastico*, Argent. (déc. 1952), n° 12, p. 10-15, 6 fig., 5 réf. bibl. E. 25499. C.D.U. 691.328 : 539.37.

74-68. Teneur en eau et résistance à la compression du béton (Loi d'Abraams). [Wassergehalt und Druckfestigkeit von Beton (Das Gesetz von Abrams)]. HONIGMANN (E. J. M.); *Allg. Bauzg.*, Autr. (18 mars 1953), n° 342, p. 3-7, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 25475. C.D.U. 691.328 : 539.37.

75-68. Les systèmes de coffrages, leur développement, leur classification, étude particulière des coffrages glissants (Schalungssysteme, ihre Entwicklung und Unterteilung mit besonderer Berücksichtigung der Gleitschalungen). BRACHER (K.); *Allg. Bauzg.*, Autr. (4 mars 1953), n° 340, p. 3-6, 1 réf. bibl. E. 25473. C.D.U. 691.32 : 690.575.

76-68. Malaxage continu du béton; Invention allemande (Concrete mixing without a pause. A German invention). MUCK SHIFTER, G.-B. (juin 1953), vol. 2, n° 6, p. 274-275, 1 fig. (Tiré de « *Cement* », 1952, n° 23-24). E. 25585. C.D.U. 691.32 : 693.556.

77-68. Malaxeur pour chantiers (Zwangs-mischer für die Baustellen). *Bauwirtschaft*, All. (23 mai 1953), n° 21, p. 521-522, 4 fig. E. 25420. C.D.U. 691.32 : 621.92.

78-68. Transport du béton au chantier (Transporting concrete). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 12, 5 p., 1 fig. — Pompe du béton (Pumping concrete), n° 13, 10 p., 8 fig. E. 25655, 25656. C.D.U. 691.322 : 621.9.

79-68. Installation de bandes transporteuses pour le refroidissement des agrégats pour du béton coulé en masse (Eine neuartige Bandanlage zur Kühlung der Zuschlagsstoffe für Massenbeton). HOFMANN (H.); *Bauingenieur*, All. (mai 1953), n° 5, p. 177-178, 5 fig. E. 25049. C.D.U. 621.874 : 691.32.

80-68. Des vérins hydrauliques augmentent la souplesse d'application du bétonnage par coffrages glissants (Hydraulic jacks expand the versatility of slip-form concreting). *Constr. Methods*, U. S. A. (mai 1953), vol. 35, n° 5, p. 64-66, 68, 70, 72-74, 76, 16 fig. E. 25532. C.D.U. 691.32 : 690.575.

81-68. Métallisation du béton (Het metalliseren van beton). HAMER (G. J.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1952), n° 23-24, p. 381-383, 3 fig. (résumés français, anglais et allemand). — Description de la méthode de coloration du béton au moyen de sels métalliques. E. 23371. C.D.U. 691.32 : 691.32.

82-68. Comment vibrer le béton (How to vibrate concrete). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 9, 9 p., 5 fig. E. 25652. C.D.U. 693.556.4.

83-68. Contribution à l'étude de l'influence de la vibration indirecte dans le béton (Contribución al estudio de la influencia de la vibración indirecta en el hormigón). BOCES (C. A.); *Inst. Ensay. Mater.*, Uruguay (1952), publ. n° 25, 11 p., 11 fig., 3 réf. bibl. (Tiré à part de : « *Bol. Fac. Ingr.* », oct. 1952, vol. 4, n° 4). E. 25235. C.D.U. 693.556.4.

84-68. Propriétés physiques des blocs de béton traités à la vapeur à haute pression (Physical properties of high-pressure steamed concrete block). J. A. C. I., U. S. A. (avr. 1953), vol. 24, n° 8, p. 745-756, 9 fig. E. 25506. C.D.U. 691.32-412.

85-68. « Veronite », nouveau béton léger (Veronite. A new lightweight concrete). *Indian Concr. J.*, Inde (15 avr. 1953), vol. 27, n° 4, p. 186-188, 3 fig. E. 25538. C.D.U. 691.32.

86-68. Les bétons légers (Hormigones ligeros). ARREDONDO VERDU (F.); *Inst. tec. Constr. Cemento*, Esp. (1^{re} Assembl. gén., mai 1952), n° 124, p. 3-14, 10 fig. — Quelques réalisations exécutées avec les bétons légers (Algunas realizaciones con hormigones ligeros). VIVANCO (I.); p. 15-23, 11 fig. E. 25297. C.D.U. 691.32 : 693.5.

87-68. Résistance et durabilité du béton contenant des cendres volantes de Chicago (Strength and durability of concrete containing Chicago fly ash). WASHA (G. W.); WITHEY (N. H.); J. A. C. I., U. S. A. (avr. 1953), vol. 24, n° 8, p. 701-712, 12 fig. E. 25506. C.D.U. 691.322.55.

88-68. Nouvel agrégat léger (« kanamite ») (A new lightweight aggregate). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 107, 109 (Tiré de « *Pit-Quarry* », oct. 1952). E. 25394. C.D.U. 691.322.

89-68. Un nouvel agrégat léger américain (Ein neuer amerikanischer Leichtzuschlagstoff). *Zement-Kalk-Gips*, All. (mai 1953), n° 5, p. 187, 1 réf. bibl. (Tiré de « *Pit-Quarry* », oct. 1952). — Ce produit, désigné sous le nom de « Kanamite » se compose de boulettes vitreuses d'argile, expandée. E. 25418. C.D.U. 691.322.55.

90-68. Le béton à air occlus (Entrained air in concrete). WRIGHT (P. J. F.); *Proc. Instn civ. Engrs. G.-B.* (mai 1953). Part I, General, vol. 2, n° 3, p. 337-358, 10 fig., 2 fig. h. t., 20 réf. bibl. E. 25348. C.D.U. 691.32.

91-68. Théorie et pratique de l'incorporation d'air dans le béton de ciment Portland (Teoría y práctica de la incorporación intencional de aire al hormigón de cemento Portland). FAVA (A. S. C.); *Lab. Ensayo Mater. Investig. Tecnol. (Minist. Obras Pbl.)*, Argent. (1952), Ser. II, n° 41, 89 p., 13 fig., 31 réf. bibl. (Tiré de : « *Construcciones* », fév.-mars 1952). — 1^o Concepts et faits fondamentaux relatifs à l'incorporation de l'air et à ses conséquences. 2^o Agents introduceurs d'air. Divers types. Proportions d'emploi. Dispositifs doseurs. 3^o Renseignements utiles pour les projets de béton à air occlus. 4^o Mesure de la teneur en air du béton frais. Méthodes et dispositif.

50 Avantages d'ordre pratique constatés dans les ouvrages. 60 Résultats des premières expériences effectuées en Argentine. E. 25525.

CDU 691.32 : 691.542.

92-68. Béton aéré (Luftporen-Beton). KEIL (F.); *Zement-Kalk-Gips*, All. (mai 1953), n° 5, p. 137-151, 25 fig., 24 réf. bibl. (résumé allemand, anglais, français). E. 25418.

CDU 691.32.

93-68. Produits plastifiants et simultanément entraîneurs d'air pour le béton (Verflüssigende und gleichzeitige luftsteinführende Beton-zusätze). DROGSLER (O.); *Allg. Bauztg*, Autr. (18 mars 1953), n° 342, p. 8-10. E. 25475.

CDU 691.32.

94-68. Béton ocrat résistant à l'acide. Entreprise Usine Mod., Fr. (6 juin 1953), n° 23, p. 7, 1 fig. E. 25593.

CDU 691.32 : 620.193 : 699.8.

95-68. Béton « Ocrat » résistant aux influences chimiques (Chemisch beständiger Ocrat-Beton). *Allg. Bauztg*, Autr. (1er avr. 1953), n° 344, p. 6-8, 4 fig. E. 25477.

CDU 691.32 : 620.193 : 699.8.

Deb m Maçonnerie.

96-68. Maçonnerie en blocs de béton (Mampostaia de bloques de hormigon). *Cement-Portland*, Argent. (fév. 1953), n° 27, p. 13-19, 13 fig. — Recommandations pour l'étude et l'exécution. E. 25639.

CDU 693.1 : 691.32-412.

97-68. Les enduits projetés. Remarques à propos d'une nouvelle machine allemande. *Bâitr*, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 6-10, 9 fig. E. 25573.

CDU 693.625 : 621.51.

98-68. Un meilleur outil assure une capacité de production plus élevée (Besseres Werkzeug-höhere Leistung). WEYLER (H.); *Bauwirtschaft*, All. (30 mai 1953), n° 22, p. 539-541, 6 fig. — Outilage pour l'application du plâtre. E. 25514.

CDU 693.6 : 621.9.

Deb ne Béton armé.

99-68. Changements récents dans les spécifications des constructions en béton du Génie Militaire Américain (Recent changes in Corps of Engineers concrete construction specifications). OTTERSON (G. L.); BURGESS (W. L.); J. A. C. I., U. S. A. (avr. 1953), vol. 24, n° 8, p. 721-727, 1 réf. bibl. E. 25506.

CDU 693.55 : 331.14.

100-68. Application pratique du procédé de la charge de rupture indépendant de « n » (coefficent d'équivalence) pour le calcul des sections rectangulaires de béton armé dans le cas de flexion pure. I. (Die praktische Anwendung des n-freien Traglastverfahrens zur Bemessung rechteckiger Stahlbetonquerschnitte bei reiner Biegung). SELTMHAMMER (L.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mai 1953), n° 5, p. 110-116, 11 fig., 5 réf. bibl. E. 25303.

CDU 693.55 : 518.5.

101-68. Calcul à la rupture de constructions en béton armé et règlements modernes (Calcolo a rottura di strutture in cemento armato e moderni regolamenti). RINALDI (G.); *Industria. Cemento*, Ital. (avr. 1953), n° 4, p. 86-88, 1 fig., 1 réf. bibl. E. 25421.

CDU 693.55 : 331.14.

102-68. Pliage et fixation des armatures (Bending and fixing reinforcement). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet* n° 11, 10 p., 11 fig. E. 25654.

CDU 691.328 : 691.71.

Deb ni Béton précontraint.

103-68. Pont de chemin de fer en béton précontraint (A prestressed concrete railway bridge). *Concr. Quarterly*, G.-B. (jan.-fév. mars 1953), n° 17, p. 8-9, 4 fig. — Sur la rivière Don (Angleterre) : portée : 50 m; biais : 58°. E. 25671.

CDU 624.27 : 693.57.

104-68. Ossature continue précontrainte dans un bâtiment de cinq étages (Continuous prestressed framing in a five-storey building). *Concr. Quarterly*, G.-B. (jan.-fév.-mars 1953), n° 17, p. 26-28, 5 fig. E. 25671.

CDU 693.9 : 693.57.

105-68. Passerelle précontrainte à Edimbourg (A prestressed footbridge in Edinburgh). *Concr. Quarterly*, G.-B. (jan.-fév.-mars 1953), n° 17, p. 31-32, 4 fig. E. 25671.

CDU 625.74 : 693.57.

106-68. La résistance du béton précontraint à l'incendie (The fire resistance of pre-stressed concrete). F. P. A., J., G.-B. (avr. 1953), n° 21, p. 63-65, 1 fig. E. 25383.

CDU 691.328.2 : 614.84.

107-68. Ponts et autres constructions en béton précontraint (Prestressed concrete bridges and other structures). LEE (D. H.); *Struct. Engr.*, G.-B. (mai 1953), vol. 31, n° 5, p. 130-141, 16 fig. — Discussion de l'article publié dans « *Struct. Engr.* », jan. 1953, vol. 31, n° 1, p. 1 (note D. T. 122-65). E. 25208.

CDU 693.57.

108-68. Construction de huit réservoirs en béton précontraint (The construction of eight prestressed concrete tanks). MAIS (A. R.); LITTLE (A. C.); *Struct. Engr.*, G.-B. (mai 1953), vol. 31, n° 5, p. 141-146, 10 fig. — Discussion de l'article publié dans « *Struct. Engr.* », jan. 1953, vol. 31, n° 1, p. 1 (note D. T. 122-65). E. 25208.

CDU 621.642.693.57.

109-68. Pont en béton précontraint dans le Devon septentrional (Angleterre) (A prestressed concrete bridge in North Devon). MUCK SHIFTER, G.-B. (juin 1953), vol. 2, n° 6, p. 280-281, 5 fig. — Pont biais de 12,2 m de portée. E. 25585.

CDU 624.27 : 693.57.

110-68. Ossature précontrainte préfabriquée pour tours (Prestressed precast tower frames). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 131-132, 2 fig. E. 25583.

CDU 693.95 : 693.57.

111-68. Le béton précontraint dans l'industrie du bâtiment (Spannbeton im Industriebau). DEININGER (K.); *V. D. I.*, All. (21 jan. 1953), vol. 95, n° 3, p. 65-72, 23 fig. E. 25154.

CDU 693.57 : 728.

112-68. Béton précontraint. III. IV. (Prestressed concrete). HARRIS (J. D.); MORICE (P. B.); *Indian Concr. J.*, Inde (15 avr. 1953), vol. 27, n° 4, p. 197-201, 206, 16 fig.; (15 mai 1953), n° 5, p. 221-230, 21 fig. — Application. Traverses. Poutres. Planchers. Réservoirs d'eau. E. 25538.

CDU 693.57.

113-68. Le béton précontraint. Expériences suédoises comparées au développement international (El hormigón elástico. Experiencias suyas frente al desarrollo internacional). BJUGGREN (U.); *Hormigon Elastico*, Argent. (déc. 1952), n° 12, p. 16-23, 18 fig. E. 25499.

CDU 691.328.2.

114-68. Résistance à la chaleur des constructions en béton précontraint (Hittebeständigkeit von spannbetonkonstruktionen). INGENIEUR, Pays-Bas (11 avr. 1952), n° 15, p. Bt. 26, 1 fig., 1 réf. bibl. E. 20055.

CDU 691.328.2 : 697.13.

115-68. Construction d'un magasin avec longerons sur trois points d'appui en béton vibré précontraint (Bouw van een magazijn met hoofdliggers over 3 steunpunten van vorgespannen schokbeton). LAMMERS (H.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (oct. 1952), n° 21-22, p. 353-355, 10 fig. (résumé français, anglais et allemand). E. 22413.

CDU 725.35 : 693.57.

116-68. Le pont en béton précontraint sur la Drecht à Leimuiden (Brug over de Drecht te Leimuiden in vorgespannen beton). VAN DEN OEVER (J.); *Polytech. T.*, Pays-Bas (31 mars 1953), n° 13-14, p. 229b-232b, 26 fig. E. 24809.

CDU 624.27 : 693.57.

117-68. Application du béton précontraint à la construction de l'usine S. K. F. à Veenen-

daal. I. II. (fin). (Toepassing van vorgespannen beton bij de bouw van de SKF-fabriek te Veenendaal). BRUGGELING (A. S. G.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1952), n° 23-24, p. 401-403, 12 fig.; (avr. 1953), n° 3-4, p. 35-39, 24 fig. (résumé français, anglais et allemand). E. 23371, 25066.

CDU 725.4 : 693.57.

118-68. Béton précontraint en Allemagne. I. (Vorgespannen beton in Duitsland). VAN ZUTPHEN (J.); *Polytech. T.*, Pays-Bas (9 déc. 1952), n° 49-50, p. 847b-853b, 13 fig. E. 23228.

CDU 693.57.

119-68. Quelques ponts en béton précontraint. I. (Enkele bruggen in vorgespannen beton). WEGEN, Pays-Bas (mars 1953), n° 3, p. 63-66, 9 fig., 2 réf. bibl. E. 24542.

CDU 624.27 : 693.57.

120-68. Poutres continues en béton précontraint (Continuous prestressed concrete beams). LEONHARDT (F.); J. A. C. I., U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 617-634, 22 fig., 5 réf. bibl. — Problème posé par le frottement des câbles de tension sur le logement préparé pour ces câbles. Dispositions pour réduire ce frottement. Emploi d'une enveloppe polygonale au lieu d'une enveloppe courbe. Mesures permettant d'atteindre un coefficient de frottement de 0,07. E. 25231.

CDU 690.237.22 : 693.57 : 518.5.

121-68. Comment faire les câbles de précontrainte (How to make prestressing cables). C. A. C. A., G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet*, n° 15, 10 p., 12 fig. — Trois modes de précontraintes (Freysinet, Magnel-Blaton, Lee-McCall) (Three ways of prestressing), n° 16, 26 p., 27 fig. E. 25658, 25659.

CDU 691.328.2 : 691.71.

122-68. Appareils pour la mesure de la précontrainte dans le béton précontraint par câbles (Geräte zum Messen der Vorspannung in Drähten von Stahlsaitenbeton). BENSE (E.); *Bauplan-Bautech.*, All. (mai 1953), n° 5, p. 212-214, 7 fig., 2 réf. bibl. E. 25567.

CDU 691.328.2 : 620.108.

123-68. Ancrage des aciers précontraints pour béton (Die Verankerung vorgespannter Betonstähle). DEININGER (K.); *Bauwirtschaft*, All. (6 juin 1953), n° 23, p. 563-567, 17 fig., 1 réf. bibl. E. 25581.

CDU 691.328.2 : 620.108.

124-68. Calcul pratique rapide des poutres de bois à la flexion (Praktische Schnellberechnung von Einfeld-Holzbalken auf Biegung). SEDMINEK (H.); *Esterr. Bauztg*, Autr. (9 mai 1953), n° 10, p. 3, 1 fig. E. 25284.

CDU 694.1 : 518.5.

Dec c Charpente Menuiserie Serrurerie

Dec j Travail du bois. Charpente. Menuiserie.

124-68. Calcul pratique rapide des poutres de bois à la flexion (Praktische Schnellberechnung von Einfeld-Holzbalken auf Biegung). SEDMINEK (H.); *Esterr. Bauztg*, Autr. (9 mai 1953), n° 10, p. 3, 1 fig. E. 25284.

CDU 694.1 : 518.5.

Dec l Travail des métaux. Charpente. Soudure. Menuiserie.

125-68. Protection des constructions métalliques contre la corrosion atmosphérique. BERNMANE (D.); *Ossature métall.*, Belg. (juin 1953), n° 6, p. 333-340, 16 fig., 10 réf. bibl. E. 25608.

CDU 693.97 : 620.19 : 699.8.

126-68. Constructions métalliques légères en tôle pliée. ROSETTI (E.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (13 juin 1953), n° 11-12, p. 274-277, 8 fig. E. 25616.

CDU 693.97 : 691.7.

127-68. Support de transporteur construit en tubes (Transportbrücke in Rohrkonstruktion). GUYER (R.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (6 juin 1953), n° 23, p. 331-334, 9 fig., 1 réf. bibl. E. 25589.

CDU 693.97 : 621.462.

128-68. Charpente légère (Lightweight structural framing). *Engineering*, G.-B. (22 mai 1953), vol. 175, n° 4556, p. 672, 1 fig. — Charpente en éléments préfabriqués, facilement montée et démontée; les éléments permettent de multiples combinaisons de charpente. E. 25404. CUDU 693.97 : 693.057.1.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded 1. Étanchéité des constructions.

129-68. Étanchéité par l'asphalte naturel (Abdichtungen mit Naturasphalt). NEUMANN (H.); *Dtsch. Bauz.*, All. (1er mai 1953), n° 5, p. 214-215, 16 fig., 4 réf. bibl. E. 25234. CUDU 699.82 : 691.161.

Dic CLIMATISATION

130-68. Perte de chaleur à travers le plexiglas (Heat loss through plexiglas). *Heat. Ventil.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 50, n° 5, p. 86-87, 3 fig. E. 25375. CUDU 536.2 : 678.7.

131-68. Perte de pression et transmission de chaleur en circulation turbulente dans les faisceaux tubulaires (Druckverlust und Wärmeübergang im Anlauf der turbulenten Rohrströmung). LINKE (W.), KUNZE (H.); *Allg. Wärmetech.*, All. (1953), n° 4, p. 73-79, 11 fig., 17 réf. bibl. E. 25568. CUDU 536.2 : 621.643 : 637.

132-68. Comparaison de l'adaptation physiologique de femmes et d'hommes vêtus aux changements brusques d'ambiance (A comparison of physiological adjustments of clothed women and men to sudden changes in environment). INOUYE TOHRU, HICK (F. K.), KEETON (R. W.), LOSCH (J.), GLICKMAN (N.); *Heat. Pip. Air Conditionn.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 25, n° 5, p. 125-130, 11 fig., 5 réf. bibl. E. 25539. CUDU 612.5 : 536.5.

133-68. Isolation thermique des murs extérieurs en béton poreux et en béton léger (Der Wärmeschutz von Außenwänden aus Porenbeton und Leichtbeton). KRONSBEN (W.); *Betonst.-Ztg.*, All. (mai 1953), n° 5, p. 183-185, 4 fig. (résumés anglais et français). E. 25417. CUDU 690.22 : 697.13.

134-68. Emploi de l'appareil à mesurer l'évaporation pour la répartition des frais de chauffage (Der Verdunstungsmesser als Heizkostenverteiler und seine Beeinflussbarkeit). FISCHER-ZERNIN (D.); *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 73-75, 6 fig., 4 réf. bibl. E. 25399. CUDU 697 : 620.1.

135-68. Calcul de l'erreur dans la détermination de l'humidité relative causée par des inexactitudes des mesures de température avec les thermomètres à ampoule humide et à ampoule sèche et par l'inexactitude de la constante dans l'équation du psychromètre (Berekening van de fout in de bepaling van de relatieve vochtigheid tengevolge van onnauwkeurigheden in de temperatuurmetingen met droge-en natte-bal thermometers en onnauwkeurighed van de psychrometerconstante). VAN MEEL (D. A.); *Ingenieur, Pays-Bas* (29 août 1952), n° 35, p. Ch.85-Ch.88, 6 fig. E. 22268. CUDU 697.942 : 536.5.

Dic 1 Chauffage.

136-68. La documentation française et internationale en chauffage, ventilation et conditionnement d'air CADIERGUES (R.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sep. 1953), n° 69 (Équipement Technique n° XXXVIII), p. 842-850 — Importance de la documentation, complément

indispensable de l'enseignement technique; principaux centres spécialisés de documentation concernant la thermique et les techniques connexes. Revue des différents périodiques étrangers et français; ouvrages qui peuvent être recommandés. Documentation commerciale et nécessité de relever sur ce point le niveau des publications françaises. Faiblesses actuelles de notre documentation; solutions qui pourraient être proposées à cette situation. E. 25714. CUDU 697 (061.3).

137-68. L'enseignement français du chauffage et du conditionnement d'air. BARRAULT (Ch.); *Ann. I. T. B. T. P.*, Fr. (sep. 1953), n° 69 (Équipement Technique n° XXXVIII), p. 837-841, — Conditions dans lesquelles l'enseignement professionnel des ouvriers monteurs, fumistes, tâliers, dessinateurs-projeteurs, techniciens, mètres, est organisé en France. E. 25714. CUDU 697 (061.3).

138-68. Les thermostats de pièces et leurs applications (Room thermostats and their applications). HOLZBOCK (W. G.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 50, n° 5, p. 96-105, 21 fig. E. 25375. CUDU 697.243 : 536.5.

139-68. Étude du flux de chaleur dans les sections de chauffage ou de refroidissement des panneaux (Heat flow analysis in panel heating or cooling sections). NOTTAGE (H. B.), FRANKS (C. V.), HULBERT (L. E.), SCHUTRUM (L. F.); *Heat. Pip. Air Conditionn.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 25, n° 5, p. 115-118, 8 fig., 2 réf. bibl. — Dalle de plancher posée directement sur terre, avec tuyaux ou tubes à espacement uniforme sur la face de contact entre la dalle et la terre. E. 25539. CUDU 697.353 : 690.25.

140-68. Principes du chauffage par rayonnement (Grundlagen der Strahlungsheizung). KOLLMAR (A.); *V. D. I.*, All. (11 jan. 1953), vol. 95, n° 2, p. 33-38, 15 fig., 18 réf. bibl. E. 25153. CUDU 697.353.

141-68. Appareils de chauffage central au gaz et leurs transformations (Gas-fired central-heating units and conversions). ANDREW (L. W.), BILLINGHAM (A. D.); *J. Instrn Heat. Ventil. Engrs.*, G.-B. (mai 1953), vol. 21, n° 213, p. 41-67, 13 fig. — Étude des appareils spécialement établis ou transformés pour chauffage au gaz. Revue des installations de ce genre dans le district de l'Office du Gaz pour le Nord de la Tamise. Nécessité d'une coopération étroite entre l'Office et les Laboratoires. Compte rendu détaillé des essais effectués par l'Office et par les Laboratoires. Défauts qui se présentent le plus fréquemment. Essai de prévisions du développement futur. E. 25300. CUDU 697.325 : 662.764.

142-68. Considérations économiques sur le chauffage central (Die Wirtschaftlichkeit der Zentralheizung). FICHARD (L.); *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 76-77, 1 fig. E. 25399. CUDU 697.325 : 657.47.

143-68. Chaleur transmise par une cheminée intérieure dans la maison expérimentale I. B. R. (Heat transmitted to the I. B. R. research home from the inside chimney). HARRIS (W. S.), MARTIN (R. J.); *Heat. Pip. Air Conditionn.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 25, n° 5, p. 131-137, 8 fig., 5 réf. bibl. E. 25539. CUDU 697.124 : 697.243.

144-68. Faut-il chauffer les pièces par rayonnement ou par convection? (Raumheizung durch Strahlung oder Konvektion?). JUNGBLUTH (L.); *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 83-85, 4 fig., 3 réf. bibl. E. 25399. CUDU 697.124 : 536.2.

145-68. Installations « Dowtherm » (vaporisation d'un liquide autre que l'eau) pour chauffage industriel (Dowtherm-Anlage für industrielle Heizzwecke). *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 87, 1 fig., 4 réf. bibl. E. 25399. CUDU 697.243 : 725.4.

146-68. Le chauffage urbain à Rotterdam (De Rotterdamse stadsverwarming). *Ingenieur, Pays-Bas* (31 oct. 1952), n° 44, A. H. B.

VAN RIEMSDIJK : I. Généralités (Inleidende beschouwing over stadsverwarming in het algemeen), p. G.119-G.120, 1 réf. bibl. — J. VISSER : II. Production et distribution de chauffage par la municipalité (Opwekking en distributie van warmte door het stadsverwarmingsnet sinds 1949 tot heden), p. G.120-G.124, 8 fig. — N. J. VAN ROSSUM : III. La part du Génie Civil dans l'établissement d'un réseau de chauffage (Het civiel-technische sandeel in de werkzaamheden voor de aanleg van het verwarmingsnet), (28 nov. 1952), n° 48, p. G.127-G.129, 6 fig. — L. E. WISSE : IV. Installation de deux bâtiments réunis par le réseau de chauffage (De installaties voor aansluiting van twee der op het verwarmingsnet aangesloten gebouwen), p. G.129-G.131, 6 fig. E. 22609, 23072. CUDU 697.325.

Dic n Ventilation. Séchage.

147-68. Emploi de tours de refroidissement avec matériel formant bloc (Use of cooling towers with unitary equipment). BLAIR (H. A.); *Heat. Ventil.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 50, n° 5, p. 77-81, 5 fig. E. 25375. CUDU 621.175.3 : 697.974.

148-68. Déshumidification de l'air par des produits absorbants (Luftentfeuchtung mit Sorptionsmitteln). *Heiz.-Lüft.-Haustech.*, All. (mai 1953), vol. 4, n° 3, p. 90, 2 fig., 1 réf. bibl. E. 25399. CUDU 697.9 : 697.138.

149-68. Comment établir la ventilation pour les risques radiologiques (How to design ventilation for radiological hazards). *Heat. Pip. Air Conditionn.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 25, n° 5, p. 90-95, 9 fig. E. 25539. CUDU 699.887.5 : 697.9.

Did ÉCLAIRAGE

150-68. Calcul de l'éclairage naturel (Calcolo dell' illuminazione naturale). BARRA CARACCIOLI (F.); *Ingegnere, Ital.* (mai 1953), n° 5, p. 527-535, 8 fig., 8 réf. bibl. E. 25513. CUDU 696.92.

Did m Installations électriques.

151-68. Nouvelle méthode pour le passage direct des câbles dans le béton. *J. Electriciens*, Fr. (juin 1953), n° 290, p. 169-174, 9 fig. E. 25704. CUDU 621.316 : 696.6.

Dif PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Dif 1 Protection contre l'incendie

152-68. Hydrocarbures chlorés employés comme produits d'extinction d'incendie (Halogenierte Kohlenwasserstoffe als Löschmittel). GRAF (R.); *V. F. D. B.*, All. (mai 1953), n° 2, p. 55-60, 2 fig. E. 25516. CUDU 614.84 : 699.81.

Dig 1 CANALISATIONS

153-68. Étude d'une conduite forcée et calculs des raidisseurs (Penstock analysis and stiffener design). *U. S. Dept. Inter.* (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1940), 1 vol., Bull. 5 (« Boulder Canyon project. Final reports » Part. V : Tech. Investig), VIII + 140 p., 52 fig., 17 réf. bibl. — I. Conditions générales. — II. Théorie de l'enveloppe de la conduite; équilibre et relations contraintes-déformations; collier équivalente. — III. Étude de l'anneau raidisseur; contraintes dans l'anneau

raidsseur. — IV. Théorie des congés : de raccordement, parabolique, droit. — V. Cône de raccordement de la conduite; épaisseur à variation uniforme; équations d'équilibre; relations contraintes-déformations; discussion et résumé des formules. — VI. Coup de bâlier hydraulique, sa théorie; relations vitesse-pression; division et réflexion des ondes; calculs et applications à une conduite unique. E. 25635. CUD 628.15 : 627.84 : 518.5 (02).

154-68. Nouvelles conceptions dans la construction des conduites tubulaires sous pression (conduites forcées) pour pressions élevées en France (Neuerungen beim Bau von Druckrohrleitungen für hohe Wasserdrücke in Frankreich). *Bauingenieur*, All. (juin 1953), n° 6, p. 212-214, 4 fig., 1 réf. bibl. (Tiré de « Water Power », 1952, vol. 4, p. 381-388, G. FERRAND). E. 25423. CUD 628.15 : 627.84.

Dig m RÉSERVOIRS SILOS

155-68. Réservoir d'eau épurée en béton armé réalisé pour éviter les fuites (à Washington, U. S. A.) (Reinforced concrete clear-water basin built to be leak-proof). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953), vol. 150, n° 21, p. 42-43, 2 fig. E. 25509. CUD 628.13 : 699.82.

Fab ÉCHAFAUDAGES ÉTAIEMENTS. BOISAGES

166-68. Échafaudages (Leitergerüste). *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} mai 1953), n° 5, p. 221-224, nombr. fig. — Norme allemande DIN 4420. E. 25234. CUD 690.576.

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures.
Piliers. Colonnes.

167-68. La poussée du vent sur les pylônes de section triangulaire. *TONGLET* (F.); *Ossature métall.*, Belg. (juin 1953), n° 6, p. 344-352, 16 fig. E. 25608. CUD 690.237.52 : 693.97 : 533.6.

168-68. Moules en bois normalisés pour poteaux (Standardised wooden post moulds). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 143, 3 fig. E. 25583. CUD 690.237.52 : 690.575.

169-68. Murs minces en béton armé (Thin reinforced concrete walls). *C. A. C. A.*, G.-B. (oct. 1951), *Man on the Job Leaflet*, n° 14, 6 p., 3 fig. E. 25657. CUD 690.22 : 693.55.

170-68. La détérioration des façades en éléments de béton. *LEVY* (J. P.), *Bâti*, Fr. (juin 1953), n° 31, p. 44-50, 15 fig., 12 réf. bibl. E. 25573. CUD 690.22 : 691.32-412.

171-68. Revêtements métalliques des murs (Metall-Wandbekleidungen). *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} mai 1953), n° 5, p. 217-218, 20 fig. E. 25234. CUD 690.22 : 693.6 : 691.7.

Fac l Poutres.
Dalles. Planchers.

172-68. Tension diagonale dans les poutres en T sans étriers (Diagonal tension in T-beams without stirrups). *FERGUSON* (P. M.), *THOMPSON* (J. N.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 665-675, 12 fig., 7 réf. bibl. — Relation d'essais effectués sur vingt-quatre

Dod MATÉRIEL ET OUTILLAGE

156-68. La contribution de l'industrie des machines du bâtiment à la rationalisation ? (Welchen Beitrag lieferte die Baumaschinen-Industrie zur Rationalisierung ?). *GARBOTZ* (G.); *Bauingenieur*, All. (mai 1953), n° 5, p. 149-159, 52 fig., 25 réf. bibl. E. 25049. CUD 621.7/8 : 690.022.

157-68. Choix des appareils et machines de terrassement pour diverses opérations (Die Auswahl von Erdbaugeräten in Bezug auf anfallende Arbeiten). *GUTBERLET*; *Strassen-Tiefbau*, All. (mai 1953), n° 5, p. 173-175, 2 fig., 8 réf. bibl. E. 25580. CUD 621.879 : 624.13.

158-68. L'évolution nouvelle des grandes dragues américaines dans les travaux à ciel ouvert (Die Weiterentwicklung der amerikanischen Grossbagger im Tagebau). *FRANKE* (W.); *Bauingenieur*, All. (mai 1953), n° 5, p. 159-166, 15 fig., 3 réf. bibl. E. 25049. CUD 621.879 : 624.13.

159-68. Pelles mécaniques sur tracteurs. I. Evolution, emplois et types de machines (Tractor shovels. Part I : Development, uses and equipment). *EVANS* (R. D.); *Constr. Methods*, U. S. A. (mai 1953), vol. 35, n° 5, p. 88-89, 92-93, 96, 99-100, 102-103, 11 fig. E. 25532. CUD 621.879 : 624.13.

160-68. Facteurs essentiels dans la conception des bulldozers et des niveleuses (Essential factors in the design of bulldozers and scrapers). *ROBERTSON* (G. P.); *Muck Shifter*, G.-B. (juin 1953), vol. 2, n° 6, p. 247-259, 8 fig. E. 25585. CUD 621.879 : 624.13.

161-68. Nouveautés dans la construction des excavateurs (Neuerungen im Baggerbau). *CZEPEK* (F.); *Esterr. Bauztg.*, Autr. (30 mai 1953) n° 22, p. 7-8, 5 fig. E. 25543. CUD 621.879 : 624.13.

162-68. Petites dragues à cuiller et leurs transformations (Kleine Löffelbagger und ihre Umbaumethoden). *RIEDIG*; *Bauingenieur*, All. (mai 1953), n° 5, p. 167-171, 18 fig. E. 25049. CUD 621.879 : 624.13.

163-68. Dague sur chenilles d'un modèle nouveau (Neuentwickelter Raupenband-Bagger). *RATHSMANN* (E.); *Bauwirtschaft*, All. (23 mai 1953), n° 21, p. 522, 2 fig. E. 25420. CUD 621.879 : 624.13.

164-68. Grue-pylône pour le bâtiment (Tower crane for building construction). *Engineering*, G.-B. (22 mai 1953), vol. 175, n° 4556, p. 653, 1 fig. — Capacité : 870 kg, pour un rayon d'action de 15,85 m. E. 25404. CUD 621.874 : 693.97.

165-68. Grues tournantes sur pylônes pour travaux du bâtiment (Turmdrehkrane für Bauarbeiten). *Bauingenieur*, All. (mai 1953), n° 5, p. 179-182, 8 fig. E. 25049. CUD 621.874 : 693.97.

F. — LES OUVRAGES

Fab ÉCHAFAUDAGES ÉTAIEMENTS. BOISAGES

173-68. Poutres en tôle d'aluminium de 20 m de portée (Aluminium girder of 67-ft span). *Engineering*, G.-B. (1^{er} mai 1953), vol. 175, n° 4553, p. 569, 1 fig. E. 25151. CUD 690.237.22 : 691.77.

174-68. Poutres creuses en acier, résistant à la torsion (Torsionssteife Hohlräger aus Stahl). *AMSTUTZ* (E.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (6 juin 1953), n° 23, p. 338-340, 11 fig., 6 réf. bibl. E. 25589. CUD 690.237.22 : 621.46.

175-68. Méthode graphique simplifiée pour le calcul d'un portique articulé (Simplified graphical method for pin-ended portal frame analysis). *BROOKSBANK* (F.); *MATTHEWS* (D. A. R.); *Civ. Engng*, G. B. (mai 1953), vol. 48, n° 563, p. 427-429, 5 fig. E. 25355. CUD 693.9 : 518.5.

176-68. Calcul plastique des portiques plans pour réduire le poids au minimum (Plastic design of plane frames for minimum weight). *HEYMAN* (J.); *Struct. Engr*, G.-B. (mai 1953), vol. 31, n° 5, p. 125-129, 14 fig., 8 réf. bibl. E. 25208. CUD 693.9 : 618.5.

177-68. Théorie de la ligne élastique pour la résistance maximum à la flexion des dalles en béton armé (Yield-line theory for the ultimate flexural strength of reinforced concrete slabs). *HOGNESTAD* (E.); *J. A. C. I.*, U. S. A. (mars 1953), vol. 24, n° 7, p. 637-656, 13 fig., 30 réf. bibl. — Présentation de la théorie basée sur la plasticité et qui permet de définir la résistance maximum. Évaluation de la résistance. Comparaison avec les valeurs trouvées dans la pratique. E. 25231. CUD 691.413 : 693.55 : 518.5.

178-68. La plaque rectangulaire fléchie d'épaisseur linéairement variable. *FAVRE* (H.); *GILC* (B.); Tiré à part de : *Z. angewandte Mathem. Phys.*, Suisse (1952), vol. 3, n° 5, p. 354-371, 5 fig., 1 réf. bibl. — Étude des plaques dont l'épaisseur varie linéairement

dans une direction. Équation différentielle pour une plaque rectangulaire. Méthodes d'intégration dans le cas où la plaque est appuyée le long du contour. Cas d'une pression hydrostatique. Application numérique. E. 25218. CUD 691.413 : 518.5.

179-68. Tables des valeurs de voilement K (Tabellen der Beulwerte K). *V. S. B.* (Verband Schweiz. Brückenbau Stahlhochbau-Unternehmungen), Suisse (mai 1953), 6 abques se rapportant à l'article de : *F. STÜSSI*, *C. F. KOLLBRUNNER*, *H. WANZENRIED*, « Flambement des plaques rectangulaires soumises à la compression, à la flexion ou à la compression avec flexion » (Ausbeulen rechteckiger Platten unter Druck, Biegung und Druck mit Biegung), paru dans : *Mitt. Inst. Baustatik*, 1953, n° 26 et publié dans notre DT-LXV, p. 617, n° 227-65. E. 24353. CUD 691.413 : 518.3.

180-68. De la stabilité des plaques rectangulaires raidies par panneaux sous une sollicitation uniforme de poussée. Etude particulière du croisillon médian de raidissement (Zur Stabilität rostversteifter Rechteckplatten bei gleichmässiger Schubbeanspruchung unter besonderer Berücksichtigung des mittigen Steifkernes). *KRAPFENBAUER* (R. J.); *Abhdg. Dokum. Tech. Wirtschaft*, Autr. (1953), n° 17, 1 + 48 p., nombr. fig., 65 réf. bibl. E. 25484. CUD 691.413 : 518.5.

181-68. Plancher à nervures en diagonale du temple de Saint-Marc à Lausanne. *CURCHOD* (R.) *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (13 juin 1953) n° 11-12, p. 272-273, 5 fig. E. 25616. CUD 690.25.

182-68. Plancher amélioré Kaiser à fers porteurs légers (Die verbesserte Kaiser-TVG-Stahlleichtträger-Decke). *Betonst-Ztg.*, All. (mai 1953), n° 5, p. 197-198, 10 fig. E. 25417. CUD 690.25.

183-68. Expériences exécutées sur des planchers préfabriqués (Experiencias con entrepisos prefabricados). *Cemento Portland Argent.* (avr. 1953), n° 28, p. 9-15, 21 fig. — Ces planchers étaient constitués par des poutres en béton armé espacées de 57 cm et entre lesquelles

on posait des blocs creux en béton. E. 25640. CDU 690.25 : 691.32-412.

184-68. Des causes de la formation de cloques sur un revêtement de plancher posé sur asphalte coulée (Ueber die Ursachen der Blasenbildung in einem Fussbodenbelag mit Gussasphalt als Unterboden). MÜLLER (H. E.); *Bitumen*, All. (mai 1953), n° 4, p. 88-89, 1 réf. bibl. E. 25615. CDU 690.25 : 690.592.

Fac m Toitures. Voûtes. Dômes. Coupoles. Arcs. Escaliers.

185-68. Escalier préfabriqué exceptionnel (An unusual precast staircase). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (mai 1953), vol. 28, n° 5, p. 115, 3 fig. — Cet escalier de sept marches a été coulé d'une pièce avec le palier supérieur. E. 25394. CDU 690.26 : 693.057.1.

186-68. Escalier hélicoïdal en acier (Wendeltreppe in Stahl). LIMPERT (G.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (6 juin 1953), n° 23, p. 334-335, 5 fig., 2 réf. bibl. — Escalier sans support intermédiaire. Développement 180°. E. 25589. CDU 690.26 : 693.97.

187-68. Un escalier tournant sans noyau (Een spilloeke wenteltrap). VAN DER MAST (A.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (oct. 1952), n° 21-22, p. 362-363, 5 fig. (résumés français, anglais et allemand). E. 22413. CDU 690.26.

188-68. Détermination des toitures par la méthode dite « des points de passage ». I. LEROUX (R.); *Menuisier Fr.*, Fr. (juin 1953), n° 66, p. 4-5, 3 fig. E. 25553. CDU 690.24 : 518.5.

189-68. Levage d'une toiture formée d'une dalle précontrainte (Prestressed waffle-slab roof lifted). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953) vol. 150, n° 21, p. 27, 3 fig. — (Garage à Louisville, Kentucky, U. S. A.). La superficie est de 335 m². Le levage a été effectué à 3,2 m, au moyen de vérins hydrauliques. E. 25509. CDU 690.24 : 693.57.

190-68. Toit en béton de perlite coulé sur lattis métallique formé de métal déployé et de treillis métalliques (Perlite concrete roof cast on metal lath). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953), vol. 150, n° 21, p. 45, 2 fig. E. 25509. CDU 690.24 : 691.32.

191-68. Constatations relatives à la rupture d'une toiture en bois de grande portée (38 m) (Feststellungen beim Abbruch an der Holzkonsstruktion eines weitgespannten Hallendaches). HOELAND (F.); *Bauwirtschaft*, All. (23 mai 1953), n° 21, p. 517-519, 7 fig. E. 25420. CDU 690.24 : 690.592.

192-68. Calcul des toitures en voûte mince en béton armé. III. (De berekening van gewapend betonnen schaaldaken). HAAS (A. M.); *Ingenieur*, Pays-Bas (12 déc. 1952), n° 50, p. Bt.74-Bt.78, 10 fig., 11 réf. bibl. (résumé anglais). — Revue de méthodes simplifiées de calcul pour éviter des opérations mathématiques difficiles. Calculs basés sur la condition à la rupture. Pour les voûtes précontraintes on ne considère que le béton en compression. E. 23243. CDU 690.244 : 693.55.

193-67. Les arcs légers réduisent les frais de construction (Leichtgewichtige Bogen verringern die Baukosten). *Bauingenieur*, All. (juin 1953), n° 6, p. 223, 2 fig. (Tiré de « Steel Constr. Digest »), 1952, vol. 9, n° 3). — Exemple d'arcs de 78,2 d'ouverture pour hangars d'avions. E. 25423. CDU 690.236 : 693.97.

Fad ÉLÉMENTS NON PORTEURS

Fad 1 Menuiseries.

194-68. Fenêtres métalliques (Metallfenster). *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} mai 1953), n° 5, p. 219-220, 7 fig. E. 25234. CDU 690.282 : 672.

195-68. Portes intérieures et extérieures en acier (Stahltüren und stahltore). KOCH (R.); *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} juin 1953), n° 6, p. 252-257, 30 fig. E. 25604. CDU 690.281 : 672.

196-68. Portes en acier (Stahltüren). *Dtsch. Bauz.*, All. (1^{er} juin 1953), n° 6, p. 258-272, nombr. fig. — Instructions pour l'exécution. E. 25604. CDU 690.281 : 672.

Faf ASCENSEURS ET MONTE CHARGES

197-68. Nouvelle tendance. Ascenseurs commandés par robots (New trend... Elevators controlled by electrical brains). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (7 mai 1953), vol. 150, n° 19, p. 32-34, 3 fig. E. 25365. CDU 690.26 : 621.316.

Feb HABITATIONS

198-68. Charpente pour le bâtiment (Carpentry for the building trades). LAIR (E. A.) Ed. : McGraw-Hill Publ. Cy, Londres, G.-B. (1953). 2^e édit., 1 vol., VIII + 310 p., 249 fig. — Voir analyse détaillée B-901 au chap. III « Bibliographie ». E. 25412. CDU 690 : 728 (02).

199-68. Nouveau système de construction de maisons (New system of house building). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 129-130, 4 fig. — Panneaux de plâtre utilisés pour les murs et les plafonds (Génie militaire Britannique). E. 25583. CDU 728.3 : 693.057.1.

200-68. Surélévations d'immeubles (Aufstockungen). DÄNDLICKER (H. E.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (6 juin 1953), n° 23, p. 340-342, 5 fig., 1 réf. bibl. E. 25589. CDU 728 : 690.59.

Feb 1 Habitations individuelles.

201-68. Bâtiment préfabriqué avec joints à sec (Precast building with dry joints). *Concr. Build. Concr. Prod.*, G.-B. (juin 1953), vol. 28, n° 6, p. 139, 141, 2 fig. E. 25583. CDU 728.3 : 693.057.1.

202-68. Une maison préfabriquée intéressante (Una interesante casa prefabricada). *Cemento Portland*, Argent. (fév. 1953), n° 27, p. 7-10, 16 fig. E. 25639. CDU 728.3 : 693.057.1.

203-68. Des entrepreneurs de Gouda construisent en Nouvelle-Guinée (Goudse aannemers bouwen in Nieuw Guinea). FRANSEN (F. J.) *Bouw*, Pays-Bas (15 déc. 1951), n° 50, p. 848-852, 14 fig. — Construction de deux cents maisons d'habitation, d'un hôpital et d'un comptoir près du port de Hollandia en Nouvelle-Guinée. Plans de trois types d'habitations basses. Emploi du corail pour la fabrication du béton et du béton cellulaire pour la construction des murs. E. 18480. CDU 728.3 : 690.37.

Feb mo Immeubles de rapport.

204-68. Le bâtiment de l'Alcoa à Pittsburgh (U. S. A.) (Das « Alcoa building » in Pittsburgh USA). WEISS (W.); *Bauingenieur*, All. (juin 1953), n° 6, p. 193-197, 19 fig. — Grattiel de trente étages en construction légère. Emploi intensif de l'aluminium. E. 25423. CDU 720.922.2.

205-68. Plans types d'habitations collectives (Standaardplattegronden meergezinshuizen). *Bouw*, Pays-Bas (20 déc. 1952), n° 51, p. 910-932, nombr. fig. — Rapport du Groupe d'Etudes sur la productivité dans le bâtiment. E. 23340. CDU 728.2 : 720.1.

Fec BATIMENTS CULTURELS

206-68. Problème du logement des vieillards (Richtlijnen voor huisvesting van bejaarden). *Bouw*, Pays-Bas (25 avr. 1953), n° 17, p. 302-320, nombr. fig., 16 réf. bibl. — Numéro consacré au problème du logement des vieillards. Aspects démographique, économique, architectural. E. 25025. CDU 725.56.

207-68. Ecoles (Schools). *Archit. Forum*, U. S. A. (oct. 1952), vol. 97, n° 4, p. 101-133, nombr. fig. — Types d'écoles américaines. E. 25546 (+). CDU 727.1.

208-68. Évolution d'après-guerre dans la conception des bâtiments pour écoles (Post-war development in school design). SHEPPARD (R. H.); *Architect*, G.-B. (11 juin 1953), vol. 203, n° 24, p. 699-702. E. 25664. CDU 727.1.

209-68. Édifices scolaires dans divers pays (Edifici scolastici in paesi diversi). *Docum. Archit. Industr. Edilizia* (Comit. nazion. ital. Docum. Edilizia), Ital. (oct.-nov.-déc. 1952), n° 12 (Cah. VI), 19 p., 31 fig., 7 réf. bibl. E. 24690. CDU 727.1.

210-68. Construction d'écoles aux Pays-Bas (Scholenbouw in Nederland). *Bouw*, Pays-Bas (9 mai 1953), n° 19, p. 354-358, 7 fig. (en hollandais et en anglais). — Documentation relative à vingt-sept écoles construites pendant la période 1950-1953. E. 25211. CDU 727.1.

211-68. Écoles primaires (Schulhäuser). *Werk*, Suisse (mars 1953), n° 3, p. 77-96, nombr. fig. — Description de quatre écoles primaires suisses et allemandes construites entre 1950 et 1952 : école de Thayngen, d'Urdorf, village de Aichschied et d'Offenbach-Tempelsee. E. 25544 (+). CDU 727.112.

212-68. Collège Victoria au Caire (Victoria college Cairo). *Concr. Quarterly*, G.-B. (jan.-fév.-mars 1953), n° 17, p. 2-7, 8 fig. — Importante construction en béton armé. E. 25671. CDU 727.113 : 693.55.

213-68. La tour solaire de l'Observatoire Astronomique de Rome (La torre solare dell'Osservatorio Astronomico di Roma). *Corr. Costr.*, Ital. (21 mai 1953), n° 21, p. 6, 3 fig. — Tour en béton armé de 36 m de haut. E. 25425. CDU 727.5 : 693.55.

Fed OUVRAGES D'UTILITÉ PUBLIQUE

Fed j Travaux militaires.

214-68. Construction de casernes (par le service du Génie néerlandais) (Bouw van kazernementen). HOGENDOORN (J. H.); *Bouw*, Pays-Bas (4 avr. 1953), n° 14, p. 246-254, 20 fig. E. 24754. CDU 725.18.

Fed la Alimentation en eau.

215-68. Alimentation en eau et épuration des eaux usées (Water supply and sewerage). STEEL (E. W.); Ed. : McGraw-Hill Publ. Cy, Londres, G.-B. (1953), 3^e édit., 1 vol., xv + 582 p., 299 fig. — Voir analyse détaillée B-902 au chap. III « Bibliographie ». E. 25413. CDU 628.1/4 (02).

216-68. Alimentations et évacuations d'eau dans la Ruhr (Die Wasserwirtschaft im Ruhrgebiet). PRUSS (M.); *V. D. I.*, All. (15 mai 1953), vol. 95, n° 14-15, p. 441-448, 12 fig., 2 réf. bibl. E. 25410. CDU 628.1 : 628.3.

217-68. Projet d'une canalisation moderne avec installation de clarification (Entwurf einer neuzeitlichen Kanalisation mit Kläranlage).

WITTMANN (J.); *Esterr. Bauztg*, Autr. (2 mai 1953), n° 18, p. 8-10, 1 fig. E. 25213.

CDU 628.16.

218-68. Quelques questions qui se posent aux spécialistes de l'adduction d'eau dans le domaine de la filtration. HARDY (P.); *Houille Blanche*, Fr. (1953), numéro spécial A, p. 179-185, 9 fig. E. 25621.

CDU 628.16.

Fib m Hygiène publique.

219-68. Lutte contre la corrosion pour le bassin de décantation des eaux d'égout (Corrosion correction for the sewage settling tank). SCHNEIDER (W. A.); *Amer. City*, U. S. A. (mai 1953), vol. 68, n° 5, p. 122-123, 4 fig. E. 25494.

CDU 628.33 : 620.19 : 699.8.

220-68. Installation de traitement biologique des eaux d'égout à Tilburg (De biologische zuiveringsinstallatie van de afvalwater-reinigingsinrichting van het Leygebied in de gemeente Tilburg). DE JONG (J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (23 jan. 1953), n° 4, p. G.1-G.6, 6 fig. (résumé anglais). — Détails de l'installation qui a remplacé un dispositif expérimental combiné avec un traitement chimique. E. 23857.

CDU 628.3.

Fib n OUVRAGES INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX

Fib je Industrie.

221-68. Le rendement de l'homme dans l'ambiance industrielle (Human performance in the industrial environment). TAYLOR (C. L.); *Univ. California Publ. Engng*, U. S. A., 14 p., 2 fig., 28 réf. bibl. — (Conférence sur « Les hommes et les machines dans l'industrie moderne »). L'ambiance de l'atmosphère industrielle et les causes qui la rendent déprimante. Le son et le bruit. La vue et l'éclairage. L'ambiance thermique. E. 23597.

CDU 331.82 : 725.4.

222-68. Construction moderne en acier. Cas particulier des bâtiments industriels (Neuzeitliche Bauen mit Stahl, insbesondere im Industriebau). LEONHARDT (F.); *V. D. I.*, All. (11 jan. 1953), vol. 95, n° 2, p. 39-42, 33 fig., 5 réf. bibl. E. 25153.

CDU 725.4 : 693.97.

223-68. Mekog : Exécution des grandes constructions industrielles. II. (fin) (Mekog : Uitvoering van grote fabrieksuitbreidings). WILDT (J. F. de); *Bouw*, Pays-Bas (24 nov. 1951), n° 47, p. 800-802, 5 fig. — Construction en béton : d'une usine de nitrate de chaux et d'ammoniaque; d'un socle de gazomètre; de souffleries et de chambres de réfrigération. E. 18217.

CDU 725.4.

224-68. Description des considérations et des circonstances qui ont influé sur la conception et la réalisation des bâtiments des nouveaux laminiers des Hauts Fourneaux et Acieries des Pays-Bas et de la Société Breedband à IJmuiden (Hollande) (De nieuwe fabrieken voor dunne plaat en blik te IJmuiden civiel-technische en bouwkundige werken). VAN WALRAVEN (A. J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (22 mai 1953), n° 21, p. B.95-B.107, 17 fig. E. 25424.

CDU 725.4.

225-68. Cheminées industrielles (Fabrieks-schoorstenen). GROOTHOFF (C. W. J.); *Bouw*, Pays-Bas (18 oct. 1952), n° 42, p. 746-750, 8 fig. — Formules qui permettent de déterminer les dimensions principales et indications pour l'établissement des cheminées métalliques en maçonnerie et en béton armé. E. 22387.

CDU 697.85.

Fib 1 Dépôts de marchandises.

Marchés.

226-68. Remise d'aplomb d'un hangar industriel incliné par défaillance des fondations

(Riassetto di un capannone industriale strapiombato per difetto di fondazione). DONATO (L. F.); *Ingegneria*, Ital. (mai 1953), n° 5, p. 523-526, 8 fig. E. 25513.

CDU 725.39 : 725.4 : 690.593.2.

227-68. Construction d'une halle avec emploi d'éléments préfabriqués en béton armé (Ein Hallenbau unter Verwendung von Stahlbeton-Fertigteilen). FREIBAUER (B.); GORIUPP (K.); Z. (Ester). *Ingr.-Architekten-Ver.*, Autr. (3 mai 1953), n° 9-10, p. 81-86, 8 fig. — La halle a 205 m de long et 21,5 d'ouverture, avec une travée latérale de 9,5 m. E. 25220.

CDU 725.26 : 693.057.1.

Fib n Production d'énergie. Barrages.

228-68. Pratique du laboratoire d'hydraulique (Hydraulic laboratory practice). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat., Denver), U. S. A. (mars 1953), Engng Monographs, n° 18, vi + 111 p., 80 fig., 32 réf. bibl. — Canaux ; modèles de canaux. Courant dans une conduite fermée, essais à l'air. Cavitation; siphons. Contrôles divers : débit-mètres, pompes; éjecteurs; turbines hydrauliques. Études sur place; mesures : de pression, de vitesse. Équipement photographique. Types de recherches. E. 25521.

CDU 532 : 621.643 : 626.1 (02).

229-68. Diges et réservoirs. Quelques aspects de l'étude préalable et du projet (Dams and reservoirs. Some aspects of investigation and design). KNIGHT (R. G.); *J. Instr. Engrs Austral.*, Austral. (1953), p. 146-169, 39 fig., 60 réf. bibl. — Ressources hydrauliques du continent. Géologie des projets. Le réservoir et le barrage. Digue de terre; digue en béton; déversoir; déviation des cours d'eau. Étude sur les méthodes d'essais; sur le compactage du sol; sur les projets de déversoirs. E. 25265.

CDU 627.8.

230-68. L'équipement du Rhône et ses objectifs. BOLLAERT (E.); *Arts Manufact.*, Fr. (juin 1953), n° 22, p. 15-17, 7 fig. E. 25483.

CDU 627.8.

231-68. Barrages et travaux de contrôle (Dams and control works). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (fév. 1938), 2^e édit., v + 261 p., nombr. fig., 2 fig. h. t., nombr. réf. bibl. — I. Barrages d'accumulation : Boulder, Grand Coulee, Roosevelt, Arrowrock, Owyhee, American Falls, Stony Gorge, Bartlett, Deadwood, Tieton, Guernsey, Echo, Mc Kay, Taylor Park, Cle Elum. — II. Barrages de déviation : Imperial, Alcova, Laguna, Colorado, River, Easton, Wind River. — III. Installations du « Reclamation Bureau ». Décharges de réservoirs sous haute pression. Essais sur modèles pour construction de barrages. Travaux de laboratoire sur le béton et sur la terre. Méthode expérimentale d'essais sur les barrages en arc (contrôle de température du béton en masse sur de grands barrages). Calcul et construction de petits barrages en terre. Barrages construits par le « Bureau of Reclamation ». E. 25633.

CDU 627.8 : 620.015.7 (02).

232-68. Expériences sur l'analogie de dalles (Slab analogy experiments). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1938), 1 vol., Bull. 2, (« Boulder Canyon project. Final reports » Part. V : Tech. Investig.), vi + 182 p., 109 fig., 5 réf. bibl. — Cette étude fait partie des recherches techniques relatives au projet du « Boulder Canyon », barrage situé entre l'Arizona et le Nevada, dans le bassin du Colorado. — I. Introduction; méthode de l'analogie de dalles. — II. Conditions générales et notations. Ouvrage en cantilever; étude des contraintes sur l'arc à la cote 900. — III. Calculs aux limites; cantilever; section de l'arc. — IV. Appareils et méthode opératoire. — V. Recherches préliminaires et essais spéciaux. — VI. Résultats de recherches par

l'analogie de dalles. — VII. Développement des équations; fonction d'Airy; analogie de dalles; équations de base; fonctions auxiliaires. E. 25547.

CDU 627.8 : 518.5 (02).

233-68. Essais sur modèles du barrage de Boulder (Model tests of Boulder dam). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1939), 1 vol., Bull. 3 (« Boulder Canyon project. Final reports » Part. B : Tech. Investig.), vii + 402 p., 275 fig., 8 réf. bibl. — 1^o Généralités; domaine du rapport; théorie des modèles; essais antérieurs; étude de matériaux; essais du barrage de Boulder. 2^o Essais sur les matériaux; plâtres de bâtiment du commerce; essais sur le mélange recommandé. 3^o Modèle en plâtre et ciment; coffrages et coulée du modèle; essais sur la matière du modèle. 4^o Essais préliminaires sur le modèle; modifications; essais complémentaires; 5^o Fléchissements; contraintes; déformations; mesure des déformations. 6^o Essais : divers, spéciaux de flexion, de fluage, de température; tensions à la face aval. 7^o Étude des modèles sous charge d'essais. 8^o Études sur la matière; caoutchouc-litharge; essais et résultats d'élasticité; dilatation thermique. 9^o Construction du modèle; plans; appareils; imperméabilisation de la face supérieure. 10^o Mesure des fléchissements; fléchissements : radial, tangentiel, suivant la pente, vertical. 11^o Contraintes et déformations; appareils; pression d'eau; poids mort; conditions locales combinées. 12^o Essais d'écoulement et de température. 13^o Étude sous charge d'essais du modèle caoutchouc-litharge; opérations, réglages et résultats. E. 25576.

CDU 627.8 : 620.015.7 (02).

234-68. Études des contraintes dans le barrage de Boulder (Stress studies for Boulder dam). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1939), 1 vol., Bull. 4, (« Boulder Canyon project. Final reports » Part. V : Tech. Investig.), viii + 286 p., 139 fig., 31 réf. bibl. — I. Études des contraintes; projets techniques, méthodes de calcul; résumé et projet final. — II. Études des projets préliminaires; barrages-poids rectiligne. — III. Renseignements généraux; calcul sans écarte de température et avec 5 à 10° F d'écart. Influence de l'échelonnement dans le temps. Effets des tremblements de terre. Conditions aux appuis. — IV. Études préliminaires sur modèles. — V. Calculs des efforts non linéaires; fonction d'Airy et analogie de dalle. — VI. Détermination des limites de la dalle, de la fondation. — VII. Étude des contraintes non linéaires; moment de torsion; calcul des efforts linéaires. — VIII. Étude des contraintes non linéaires du porte-à-faux du couronnement. — IX. Étude des contraintes non linéaires de la section de l'arc. — X. Déivation des équations des contraintes non linéaires. — XI. Recherches techniques diverses; extension des appuis; contraintes dans le sol du canyon; déformation à la surface du terrain; concentration de contraintes. E. 25632.

CDU 627.8 : 518.5 (02).

235-68. Essais sur modèles d'un arc et d'éléments en console (Model tests of arch and cantilever elements). U. S. Dept Inter. (Bur. Reclamat.), U. S. A. (1940), 1 vol., Bull. 6, (« Boulder Canyon project. Final reports » Part. V. Tech. Investig.), viii + 174 p., 96 fig., 34 réf. bibl. — I. Relations de similitude; description des modèles. — II. Essais sur console. — III. Contraintes non linéaires du modèle console; bases et résultats de l'étude. — IV. Essais sur l'arc; construction du modèle; essais des matériaux; fissuration du modèle; évaluation de τ_e . Effet de la fissuration; modèle avec congé de raccordement; contraintes avec congés; déformation du mur du canyon. — V. Comparaison des contraintes dans les arcs; expérience sur l'analogie de dalle. — VI. Relations contraintes-déformations; emploi des extenso-mètres à résistance; mesures des déformations. E. 25634.

CDU 690.248. : 690.236 : 620.015.7 (02)

236-68. Projet de régularisation des crues, rivière Hoosic, Adams, Massachusetts (Flood control project, Hoosic River Adams, Massachusetts). *Corps Engrs U. S. Army* (Waterways Exper. Sta., Vicksburg, Miss.), U. S. A. (fév. 1952), Tech. Memor. n° 2-339, Rep. n° 1, IV + 10 p., 30 fig. h. t., 23 pl. h. t., 1 réf. bibl. — Étude sur modèle de la première phase des travaux d'amélioration. E. 25502. CUDU 627.8 : 699.8.

237-68. Les installations de chantier du barrage de la Grande Dixence. DESMEULES (J.); *Bul. tech. Suisse romande*, Suisse (13 juin 1953), n° 11-12, p. 231-236, 8 fig. E. 25616. CUDU 627.8 : 658.

238-68. Le réservoir d'accumulation de Ross-haupten, élément essentiel du programme du Lech (Allemagne). II. (fin) (Der Speicher Ross-haupten als Hauptglied für den Rahmenplan des Lechs). FROHNHOLZER (J.); *Wasserwirtschaft*, All. (mai 1953), n° 8, p. 199-205, 12 fig. E. 25339. CUDU 627.8.

239-68. Nouvelles installations d'énergie hydraulique à moyenne et haute pression (Neue Mittel- und Hochdruck - Wasserkraftanlagen). TÖLKE (F.); *V. D. I.*, All. (11 mars 1953), vol. 95, n° 8, p. 225-232, 30 fig., 19 réf. bibl. E. 25159. CUDU 627.8.

240-68. Le barrage de Claerwen (The Claerwen dam). MORGAN (H. D.); SCOTT (P. A.); WALTON (R. J. C.); FALKINER (R. H.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.B. (mai 1953), Part I, General, vol. 2, n° 3, p. 249-307, 21 fig., 13 fig. h. t., 9 réf. bibl. — Barrage-poids en béton pour l'alimentation en eau de la ville de Birmingham; hauteur : 61 m, longueur : 325 m. Description et calcul. Discussion. E. 25348. CUDU 627.8 : 693.5.

241-68. Contribution au calcul des barrages voûtes (Contribución al calculo de diques en cúpula). FEDERHOFER (K.); *Tecnica*, Argent. (sep. 1952), vol. 1, n° 5, p. 227-233, 1 fig., 2 réf. bibl. E. 25165. CUDU 627.8 : 518.5.

242-68. Calcul et projet du barrage en terre de Falcon et de l'usine d'énergie (Design of the earth embankment Falcon dam and power plant). ARTHUR (H. G.); *U. S. Dept Inter.* (Bur. Reclamat, Design Constr. Divis. Denver), U. S. A. (août 1951), Tech. Memor. 642, III + 30 p., 4 fig., 20 fig. h. t., 1 pl. h. t., 5 réf. bibl. — Projet des fondations. Délimitation du barrage. Écart entre le niveau du barrage et la surface de l'eau. Protection des talus. Étude de la stabilité. Détails de la crête du barrage. Voies de circulation. Appareillage pour les essais. E. 25519. CUDU 627.8 : 691.41 (02).

243-68. Barrage de secours en amont, à Cheatham Lock, rivière Cumberland, Tennessee, (Upstream emergency dam Cheatham Lock, Cumberland River, Tennessee). *Corps Engrs, U. S. Army* (Waterways Exper. Sta., Vicksburg, Miss.), U. S. A. (avr. 1953), Tech. Memor. n° 2-358, III + 18 p., 8 fig., 7 fig. h. t., 12 pl. h. t. — Étude sur modèle hydraulique. E. 25503. CUDU 627.8 : 620.1.

244-68. Construction de la centrale hydro-électrique d'Oberaar (Suisse) (Vom Bau des Kraftwerks Oberaar). BÄCHTOLD (J.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (9 mai 1953), n° 19, p. 271-277, 13 fig., 2 réf. bibl. — Transport des matériaux par téléphérique. Galerie sous pression. E. 25259. CUDU 627.8 : 621.867.

245-68. Vannes d'écluses de très grande portée (Stuwschuiven met zeer grote overspanning). JITTA (J. P. J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (13 fév. 1953), n° 7, p. B.31-B.37, 12 fig., 1 réf. bibl. (résumé anglais). — Augmentation progressive de la portée des vannes; les plus grandes actuellement sont celles de Donzère (45 m). Possibilité de vannes beaucoup plus longues dont les châssis sont formés de tubes. Description du montage. E. 24137. CUDU 627.8 : 626.42.

246-68. Vannes pour très grandes portées (Nogmaals: schuiven voor zeer grote overspanning). JITTA (J. P. J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (22 mai 1953), n° 21, p. B.107-B.108, 1 fig. — Projet d'une vanne à cylindres qui peut être utilisée comme barrage et comme vanne de décharge. E. 25424. CUDU 627.8.

247-68. Tunnels pour le passage des canalisations d'une centrale (à Copenhague) (Rorgen-nempressing ved Østre Kraft Varmeveærk). WINKEL (C. T.); *Ingeniører*, Danm. (30 mai 1953), n° 22, p. 438-441, 10 fig., 1 réf. bibl. (résumé anglais). E. 25565. CUDU 621.4 : 624.19.

Fic BATIMENTS PUBLICS

248-68. Conditionnement d'air des stations de télévision (Air conditioning TV stations). STEVENSON (F. F.); *Heat. Pip. Air Conditionn.*, U. S. A. (mai 1953), vol. 25, n° 5, p. 98-103, 6 fig. — Difficultés particulières et comment les résoudre. E. 25539. CUDU 621.397 : 697.9

Fid VOIES DE COMMUNICATION

Fid ja Routes.

249-68. Le problème de la garantie dans la construction des routes (Zum problem der Garantien im Strassenbau). OBERBACH (J.); *Strassen-Tiefbau*, All. (mai 1953), n° 5, p. 161-168. E. 25580. CUDU 625.7/8.

250-68. Problèmes de stabilité du sol dans la construction des routes (Soil stability problems in road engineering). GLOSSOP (R.); WILSON (G. Ch.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.B. (juin 1953) (Part II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, p. 219-280, 18 fig., 2 fig. h. t. nombr. réf. bibl. E. 25660. CUDU 625.731 : 624.138.

251-68. Fondations de routes en terre stabilisées aux Etats-Unis. I. (Wegfunderingen van gestabiliseerde grond in de V. S. Amerika). WAJER (J.); *Wegen*, Pays-Bas (fév. 1952), n° 2, p. 27-31, 5 fig. — Stabilité, compactage, essais de granulométrie; méthode graphique de classement granulométrique. E. 19444. CUDU 625.731 : 624.138.

252-68. Les revêtements routiers au neuvième Congrès International des Routes (Lisbonne, 1951) (Los pavimentos de hormigón en el IX Congreso internacional de Carreteras). VALLE (J. A.); *Cemento Portland*, Argent. (fév. 1953), n° 27, p. 1-6, 19-24, 20 réf. bibl. E. 25639. CUDU 625.75 (061.3).

253-68. Blocs de béton pour pavage (Betonenheid voor bestratingsdoelen). JAGER (W. G. de); *Polytech.*, Pays-Bas (14 avr. 1953), n° 15-16, p. 256b-259b, 13 fig. E. 24966. CUDU 625.88 : 691.32-412.

254-68. Macadam de bitume (Bitumenmacadam). TEMME (Th.); *Bitumen*, All. (mai 1953), n° 4, p. 82-83, 2 fig. E. 25615. CUDU 625.82 : 691.161.

255-68. Machines à dresser les joints de béton (Beton. Fugenschneidemaschinen). *Bauwirtschaft*, All. (23 mai 1953), n° 21, p. 520-521, 4 fig. — Cette machine est utilisée pour les joints des revêtements de routes. E. 25420. CUDU 625.84 : 693.54.

256-68. Critères actuels pour l'établissement des revêtements routiers en béton (Criterios actuales para el proyecto estructural de los pavimentos de hormigón). GARCIA BALADO (J.); *Cemento Portland*, Argent. (avr. 1953), n° 28, p. 1-8, 16-28, 23 fig., 12 réf. bibl. E. 25640. CUDU 625.84 : 693.54.

257-68. Conglomérat bitumineux ou béton de ciment ? (Conglomerato bituminoso o calcestruzzo di cemento ?). FERRARI (M.); *Strade*, Ital. (mai 1953), n° 5, p. 141-142. E. 25605. CUDU 625.84 : 693.54 : 691.161.

258-68. Quelques considérations sur le procédé C. B. R. pour l'étude de revêtements souples sur chaussées (Einige Betrachtungen über das CBR-Verfahren für den Entwurf flexibler Decken). KERKHOVEN (R. E.); DARMON (G. M.); *Bitumen*, All. (mai 1953), n° 4, p. 73-81, 13 fig., 22 réf. bibl. E. 25615. CUDU 625.85 : 691.161.

259-68. Sur les propriétés des goudrons pour routes avec addition de bitume (Ueber die Eigenschaften von Strassenteeren mit Bitumenzusatz). FRANCK (H. G.); WEGENER (O.); *Bitum. - Teere. - Asphalt. - Peche. Ver-Stoffe*, All. (mai 1953), n° 5, p. 120-124, 14 fig., 6 réf. bibl. E. 25528. CUDU 625.85 : 691.161.

260-68. Addition de caoutchouc au liant dans la construction des routes bitumineuses (Gumizusatz zum Bindemittel im Bituminösen Strassenbau). *Bitum. - Teere. - Asphalt. - Peche. Ver-Stoffe*, All. (mai 1953), n° 5, p. 143, 1 fig. E. 25528. CUDU 625.85 : 691.161.

261-68. Le cylindrage des revêtements bitumineux et les exigences de la stabilité. I. à IV. (Het inwalsen van bitumineuze wegdekken in verband met de vereiste stabiliteit). JANSSEN (F. H. J.); *Wegen*, Pays-Bas (sep. 1952), n° 9, p. 211-214, 7 fig. (résumé anglais); (oct. 1952), n° 10, p. 245-248, 10 fig. (nov. 1952) n° 11, p. 260-264, 11 fig. (avr. 1953), n° 4, p. 83-94, 26 fig. E. 22228, 22472, 22943, 25197. CUDU 625.85 : 691.161.

262-68. La nouvelle autoroute Eindhoven-Leende (De nieuwe autoweg Eindhoven-Leende). VAN DORP (W.); *Wegen*, Pays-Bas (oct. 1952), n° 10, p. 234-239, 248, 11 fig. — Fondations, ouvrages d'art, durcissement du béton, profil en travers, étendage du béton à la machine. Joints. E. 22472. CUDU 625.731 : 625.75.

263-68. Garages d'autos (à étages superposés). Mesures de défense contre l'incendie (Autosilos-Feuerschutztechnische Massnahmen). WOLGAST (W.); *V. F. D. B.*, All. (mai 1953), n° 2, p. 64-68, 4 fig., 1 réf. bibl. E. 25516. CUDU 725.382 : 614.84.

Fid ji Voies ferrées.

264-68. Voie de chemin de fer sur dalles de béton sans ballast (Eisenbahngleise auf Betonplatten ohne Schotterbett). EMMERICH (O.); *V. D. I.*, All. (1er fév. 1953), vol. 95, n° 4, p. 101-105, 5 fig., 11 réf. bibl. E. 25155. CUDU 625.14 : 691.413.

265-68. Stations récentes de chemin de fer (Nieuwere spoorwegstations). SCHELLING (H. G. J.); *Ingenieur*, Pays-Bas (20 mars 1953), n° 12, p. B.53-B.66, 33 fig., 6 réf. bibl. (résumé anglais). — Conceptions modernes sur la disposition des stations. La station est surtout un hall d'entrée pour des voies à un niveau plus élevé. Description de stations hollandaises. E. 24621. CUDU 725.31.

266-68. Travaux de génie civil pour le chemin de fer souterrain de Stockholm (Engineering works for Stockholm's underground railway). MUCK SHIFTER, G.-B. (mai 1953), vol. 2, n° 5, p. 197-205, 8 fig. — Renseignements généraux. Stations. Tunnel à grande profondeur. E. 25202. CUDU 625.1 : 624.19.

Fid 1 Voies maritimes.

267-68. La nouvelle gare maritime du port d'Alger. Les travaux de première étape. GABRIEL (J.); *Travaux*, Fr. (juin 1953), n° 224, p. 311-318, 22 fig., 1 réf. bibl. E. 25505. CUDU 725.34 : 627.3.

268-68. Calcul simple à la flexion des radiers d'écluses (Einfache Berechnung biegefester Schleusensohlen). OHDE (J.); *Bautechnik*, All. (mai 1953), n° 5, p. 140-146, 11 fig., 9 réf. bibl. E. 25144. CUDU 626.41 : 624.15 : 518.5.

269-68. L'écluse de Tiel. I. II. (fin) (De sluis te Tiel). GELDERS (B. A.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (août 1952), n° 19-20, p. 343-345, 5 fig.; (déc. 1952), n° 23-24, p. 396-400, 19 fig. (résumés français, anglais et allemand). — Exécution et détails techniques de la nouvelle écluse « Prins Bernhard » à Tiel. — E. 22297, 23371. CUDU 626.41.

270-68. Calcul des rigoles d'équilibre dans les portes d'écluses (Berekening van de riolen bij waaierdeuren). LE NOBEL (J. C.); *Ingénieur*, Pays-Bas (12 déc. 1952), n° 50, p. B.179-B.183, 6 fig. E. 23243. CUDU 626.42.

271-68. Des pieux placés dans des trous forés servent à maintenir un nouveau wharf (dans la baie de San Francisco) sur une pente raide (Piles placed in drilled-holes are used to hold new wharf on steep slope). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (14 mai 1953), vol. 150, n° 20, p. 48, 3 fig. E. 25493. CUDU 627.3 : 624.154.

272-68. Reconstruction de la cale sèche n° 1 de Greenwell et des ouvrages auxiliaires de Sunderland (The reconstruction of Greenwell's n° 1 dry dock and ancillary works at Sunderland). RIDEHALGH (H.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1953) (Part. II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, p. 321-364, 5 fig., 11 fig. h. t., 1 réf. bibl. E. 25660. CUDU 627.361.

273-68. Ouvrages côtiers d'après-guerre à Fleetwood (Angleterre), 1946-1950 (Post-war coast protection works at Fleetwood, Lancashire, 1946-50). MELVILLE (W.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1953) (Part. II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, p. 503-509, 1 fig., 4 fig. h. t. E. 25660. CUDU 627.3.

274-68. Les travaux de défense le long des côtes (d'après les procès verbaux de la première conférence à Long Beach, Californie, en octobre 1950). I. II. (Coastal Engineering). SCHIJF (J. B.); *Ingénieur*, Pays-Bas (20 juin 1952), n° 25, p. B.86-B.88, 2 fig.; (17 avr. 1953), n° 16, p. B.67-B.70, 1 fig. (résumé anglais). E. 20986, 24964. CUDU 627.3.

275-68. Dispositifs de défense, jetées et ducs d'Albe (Fendering, lead-in jetties and dolphins). ROBERTSON (A. M.); *Dock Harbour Author.*, G.-B. (mai 1953), vol. 34, n° 391, p. 15-20, 25, 9 fig., 6 réf. bibl. E. 25364. CUDU 627.3.

276-68. Des jetées préfabriquées en acier ont permis des économies (Prefabricated steel piers cut construction costs). MAXTON (H. P.); *Civ. Engng*, U. S. A. (mai 1953), vol. 23, n° 5, p. 40-41, 8 fig. — La jetée a été fabriquée au Texas en trois sections de 115 × 25 m, remorquées jusqu'à l'intérieur du Vénézuela sur l'Orénoque, à 290 km de la côte. E. 25531. CUDU 627.3 : 693.97.

Fid p Voies aériennes.

277-68. Conciliation des problèmes de Génie civil avec les normes internationales dans le choix de l'emplacement et l'établissement du projet des aéroports (The reconciliation of Civil Engineering problems with International Standards in the siting and planning of airports). SHAW MACLAREN (A.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1953), (Part. II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, p. 281-320, 7 fig., 4 réf. bibl. E. 25660. CUDU 629 : 389.64.

278-68. Méthodes de stabilisation du sol et leur application à la construction des revêtements du sol dans les aéroports (Methods of soil stabilization and their application to the construction of airfield pavements). MACKENZIE ROBINSON (P. J.); *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1953) (Part. II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, p. 447-502, 18 fig., 10 fig. h. t. 53 réf. bibl. E. 25660. CUDU 629.139.1 : 624.138.

279-68. Béton à granulométrie discontinue pour construction de pistes d'envol (Gap graded concrete for runway construction). *Highw. Bridges Engng Works*, G.-B. (3 juin 1953),

vol. 19, n° 986, p. 1, 3, 6, 3 fig. — Expériences françaises avec le système « Percutovibro » d'après la théorie de Vallette. E. 25579. CUDU 629.139.1 : 693.54.

280-68. De longues poutres en treillis et des poutres consoles en acier ont servi à constituer des hangars pour les avions Boeing (Long trusses and steel cantilevers provide open work area for Boeing flight hangar). WILSON (M. A.); *Civ. Engng*, U. S. A. (mai 1953), vol. 23, n° 5, p. 46-48, 6 fig. E. 25531. CUDU 629.139.2 : 725.39.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

281-68. Méthode suédoise de construction des tunnels (The Swedish tunnelling method). GRINDROD (J.); *Muck Shifter*, G.-B. (mai 1953), vol. 2, n° 5, p. 206-209, 3 fig. E. 25202. CUDU 624.19 : 624.13.

282-68. A Seattle, on a réduit les frais de construction du tunnel par l'emploi de ventilateurs multiples (Seattle cuts tunnel costs with unit ventilation). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (7 mai 1953), vol. 150, n° 19, p. 43-44, 3 fig. E. 25365. CUDU 624.19 : 697.9.

283-68. On extrait la terre sous le tunnel après achèvement de la maçonnerie afin de faciliter le trafic dans la rue (Tunnel excavated after it is built, to expedite traffic in street). *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953), vol. 150, n° 21, p. 65-66, 7 fig. E. 25509. CUDU 624.19 : 624.133.

284-68. Tunnel routier à Lyon (Der Autotunnel in Lyon), KRESS (H. H.); *Schweiz. Bauztg*, Suisse (16 mai 1953), n° 20, p. 288-290, 1 fig. E. 25324. CUDU 624.19 : 625.731.

285-68. Problèmes de ventilation des tunnels d'autoroutes (Problemi di ventilazione delle gallerie autostradali). *Corr. Costr.*, Ital. (7 mai 1953), n° 19, p. 6, 5 fig. E. 25329. CUDU 624.19 : 697.9.

Fif l Soutènement.

286-68. Murs de soutènement des terres (Sui muri di sostegno delle terre). GIOVANNINI (F.); *Industr. Ital. Cemento*, Ital (mai 1953), n° 5, p. 121-125, 7 fig., 6 réf. bibl. E. 25678. CUDU 624.152 : 624.131.

Fif m Ponts.

287-68. Quelques problèmes à l'ordre du jour et tendances actuelles en matière de construction de ponts aux chemins de fer fédéraux. MARGUERAT (L.); *Bull. tech. Suisse Romande*, Suisse (13 juin 1953), n° 11-12, p. 277-286, 22 fig. E. 25616. CUDU 624.2/8 : 625.1.

288-68. Les travaux de mise en état du pont de l'Armée Rouge (Pont du Reich) sur le Danube à Vienne. La reconstruction des ponts des routes fédérales sur le Danube en Autriche. II. II/fin [Die Instandsetzungsaufgaben an der Brücke der Roten Armee (Reichsbrücke) über die Donau in Wien. Der Wiederaufbau der Bundesstrassenbrücken über die Donau in Österreich]. FABER (L.); *Z. Österr. Ingr. Archit. Ver.*, Autr. (3 jan. 1953), n° 1-2, p. 1-9, 15 fig.; (3 fév. 1953), n° 3-4, p. 25-29, 3 fig. — (La première partie relative aux ponts de Krem et de Tullen a paru dans « *Österr. Bauzeitung* », 1951, n° 1-2). E. 23606, 24032. CUDU 625.74.

289-68. Passerelles et ponts-routes (Leicht-fahrbahnen und Strassenbrücken). BEUSCH (J.); *Stahlbau Bericht*, Suisse (mai 1953), n° 17, 11 p., 16 fig. — Modifications des ponts existants. Ponts mobiles. E. 25536. CUDU 625.74.

290-68. Le projet de reconstruction du pont de Saint-Mathurin, sur la Loire. COURBON (J.);

Travaux, Fr. (juin 1953), n° 224, p. 305-310, 9 fig. E. 25505. CUDU 624.27 : 693.97.

291-68. Pont économique en béton comportant une poutre à appuis libres (Low cost concrete bridge has simply supported steel span). HADLEY (H. M.); *Engng News-Rec.*, U. S. A. (14 mai 1953), vol. 150, n° 20, p. 58, 2 fig. E. 25493. CUDU 624.27 : 693.55.

292-68. Fondations d'un pont dans des conditions difficiles (Bridge foundations in difficult ground). MC NAUGHTON (F. M.); *J. Instn mun. Engrs*, G.-B. (mai 1953), vol. 79, n° 11, p. 505-517, 10 fig. — Pont de Dalgarven (Écosse). Pont tournant à une travée cantilever. E. 25214. CUDU 624.27 : 624.15.

293-68. Le pont routier sur le Rhin entre Kehl et Strasbourg (Strassenbrücke über den Rhein zwischen Kehl und Strassburg). LÄMMLEIN (A.); *Bauingenieur*, All. (juin 1953), n° 6, p. 199-208, 21 fig., 2 réf. bibl. — Pont de 1890. Pont en bois de 1940. Pont métallique de 1951. E. 25423. CUDU 624.27 : 693.97.

294-68. Sur la répartition de la charge entre les poutres longitudinales des ponts en ciment armé (Sulla ripartizione del carico fra le travi longitudinali dei ponti in cemento armato), DALL'AGLIO (B.); *Ingegnere*, Ital. (mai 1953), n° 5, p. 521-522, 1 fig., 1 réf. bibl. E. 25513. CUDU 624.27 : 693.55.

295-68. La construction du pont en béton armé sur l'Eem (Steigerwerk van de brug over de Eem). WEGEN, Pays-Bas (fév. 1953), n° 2, p. 31-34, 9 fig. E. 24209. CUDU 624.27 : 693.55.

296-68. Pont de Geisingen sur le Danube (Donaubrücke bei Geisingen). LÄMMLEIN (A.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (mai 1953), n° 5, p. 105-110, 17 fig., 1 réf. bibl. — Trois arches de 18,4, 23,5 et 29,9 m d'ouverture, en béton armé avec tablier précontraint. E. 25303. CUDU 624.6 : 693.55.

297-68. Le raidissement d'un pont suspendu est établi d'une manière nouvelle (Cable stiffened suspension bridge updated). BIRD-SALL (B.); *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953), vol. 150, n° 21, p. 32, 35-36, 39, 7 fig. — Un pont de cinq travées suspendues, au San Salvador (Amérique Centrale), portées : 76, 158, 204, 188 et 76 m; est raidi uniquement par des câbles diagonaux et est néanmoins stable au point de vue aérodynamique. E. 25509. CUDU 624.5.

298-68. Utilisation de tubes filtrants dans une fouille pour massif d'ancrage (How well-points aided anchorage excavation). PRUGH (B. J.); *Engng News-Rec.*, U. S. A. (21 mai 1953), vol. 150, n° 21, p. 39-40, 3 fig. E. 25509. CUDU 624.5.

299-68. Passerelle pour piétons avec travée levante de 91 m de portée (Un ponte pedonale con travata alzabile di m 91). *Corr. Costr.* Ital. (4 juin 1953), n° 23, p. 6, 1 réf. bibl. — Sur l'Harlem River à New-York. La travée, mobile se relève à 41 m au-dessus du niveau de l'eau. E. 25707. CUDU 625.74 : 624.82.

Fo INCIDENCES EXTÉRIEURES

Foc Entretien. Réparations.

300-68. Etude des constructions en fonction de l'entretien et de la surveillance (The design of structures in relation to maintenance and inspection). *Proc. Instn civ. Engrs*, G.-B. (juin 1953) (Part. II : Engng Div.), vol. 2, n° 2, I : *Ponts* (Bridges). TURTON (F.); p. 365-375, 7 fig. h. t. — II : *Constructions autres que des ponts* (Structures other than bridges). COX (N. S.); p. 376-393, 10 fig., 4 fig. h. t. — Discussion : p. 393-415, 5 fig., 2 réf. bibl. E. 25660. CUDU 690.592 : 690.593.

II. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir, toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 19, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.

B-901. Charpente pour le bâtiment (Carpentry for the building trades). LAIR (E. A.); Ed. : Mc Graw Hill Publishing Company Ltd, Mc Graw-Hill House, 95 Farringdon Street, Londres EC. 4, G.-B. (1953), 2^e édit., 1 vol. (16 × 23,5 cm), VIII + 310 p., 249 fig. \$ 4,75. — Indications complètes, spécialement sur la construction moderne des bâtiments de tous types. Charpente de la maison et de sa toiture, planchers et plafonds, portes et fenêtres. Isolations sonore et thermique. Mesure des bois en grume. Différents échafaudages et dispositifs de sécurité. Conseils pour aider l'étudiant et l'ouvrier à lire et interpréter les dessins. Cent trente questions ou problèmes constituant une révision générale. Bibliographie. E. 25412.

B-902. Alimentation en eau et épuration des eaux usées (Water supply and sewerage). STEEL (E. W.); Ed. : Mc Graw-Hill Publishing Company Ltd, Mc Graw-Hill House, 95 Farringdon Street, Londres EC. 4, G.-B. (1953), 3^e édit., 1 vol. (15,5 × 23,5 cm), xv + 582 p., 299 fig., \$ 8. — I. Besoins en eau des villes; détermination des précipitations pluviales et mesure des quantités d'eau de ruissellement. Eaux souterraines; sources; puits. Calcul et construction des canalisations d'eau; méthodes de distribution de l'eau; pompes et stations de pompage. Qualités des eaux fournies par un système de distribution; traitements de filtrage et de clarification des eaux distribuées. — II. Épuration. Égouts : leur débit, canalisations. Circulation des eaux usées, étude et calcul; construction d'un réseau d'égouts, entretien; traitement des dépôts et des boues. Questions financières se rapportant aux systèmes de distribution d'eau et d'assainissement. Bibliographie. E. 25413.

B-903. Résistance et essais des matériaux (Strength and testing of materials). Ed. :

Her Majesty's Stationery Office, Kinsway, Londres WC. 2, G.-B. (1952), (Select. Government Res. Rep.), 2 vol. n° 6 (15,5 × 24,5 cm), Part. I : 260 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl.; Part. II : 244 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — I. Résistance et déformation des matériaux. Théorie des essais de dureté à la bille et au coin de différents matériaux. Théorie de la pénétration en incidence oblique et application au calcul des forces s'exerçant à l'impact sous un angle quelconque sur une plaque de blindage. Théorie des déformations plastique et élastique combinées. Théorie de l'autofrettage d'un tube à extrémité fermée. Solution numérique au problème général de plastique plane : son application à la compression d'un matériau ductile entre des plaques brutes. Expériences sur la compression d'un corps entre deux plaques rugueuses. Fragilité et rupture des métaux. Théorie à deux dimensions de l'écoulement plastique des barres profondément entaillées sous un effort de tension. Théorie de l'extension des métaux. Analyse théorique des efforts et des contraintes dans l'étirage des fils. Méthodes générales pour la solution du problème de la symétrie axiale dans le domaine de la plastique. Théorie de l'écoulement plastique des métaux anisotropiques. — II. Solution à l'aide d'abaques d'un problème d'efforts. Mesure des efforts aux rayons X. Relation entre les facteurs d'essais et la variation de résistance. Effet de l'incidence de la répartition de la fréquence sur la relation entre les facteurs d'essais et la variation de résistance. Méthodes mécaniques de mesure des efforts internes. Capacité portante des tubes, barres et feuilles. Essais non destructifs de la fonte malleable. Recherches sur la soudure bout à bout des tubes à faible teneur en carbone, en manganèse et en chrome-molybdène. Propriétés mécaniques des joints soudés en

bout des tubes en acier au chrome-molybdène. Conditions requises pour la résistance des soudures par points. Recherches sur les effets du soudage sur les propriétés mécaniques des tubes en acier au manganèse-molybdène à faible teneur en carbone. Transformation des composantes des contraintes et des déformations en élastique à deux dimensions. Répartition des efforts dans une sphère élastique et au voisinage d'une inclusion sphérique. E. 25337, 25338.

B-904. Comptes rendus de l'Assemblée générale de l'Association allemande du Béton à Berlin, 7 et 8 mai 1952 [Hauptversammlung am 7. und 8. Mai 1952 in Berlin. Vorträge. Deutscher Beton-Verein (E. V.)]. Ed. : Deutscher Beton-Verein (E. V.), Prinz-Nikolas Strasse 12, Wiesbaden-Eigenheim, All. 1 vol. (15 × 21 cm), n° 49, 334 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — K. MAHLER : Constructions à Berlin depuis 1945. — H. RÜSCH : Problèmes de recherches dans le domaine du béton armé. — M. MARY : Béton et liants dans les barrages de la Haute-Dordogne. — O. GRAF : Étude des propriétés des aciers pour béton et sollicitations admissibles correspondantes. — W. ZERNA : Commentaires sur le congrès du bâtiment de Londres 1951. — W. SCHENCK : Nouvelle réalisation des quais pour navires de haute mer. — H. GRANHOLM : Théorie des lignes de rupture et son application. — U. FINSTERWALDER : Pont-route de Worms sur le Rhin. — N. ESQUILLAN : Hangars pour avions de Marignane. — K. WALZ : Produits d'addition pour béton. — H. CARP : Une région qui s'affaisse. Constructions industrielles de la Communauté de l'Ems. — W. KÜNZEL : Procédés modernes de fabrication dans l'industrie du béton. Rapports suivis de discussions. E. 23336.

III. — NORMALISATION

TRAVAUX EN COURS

Bâtiment et Génie civil.

19 mars : AFNOR. Commission des liants hydrauliques.

Examen du projet de modification à l'annexe commune aux normes NF P 15-302 à 313 avant envoi à l'enquête publique.

Examen des réponses reçues au cours de l'enquête publique sur le projet de norme Pr P 15-301 Additif « Liants hydrauliques. Échantillons et éprouvettes. Technique des essais ».

(Reproduction interdite.)

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

**DOCUMENTATION TECHNIQUE
(IX)**

BATIR

REVUE TECHNIQUE DE LA FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT ET DES ACTIVITÉS ANNEXES
PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT TECHNIQUE
ET DES LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOMMAIRE DU NUMÉRO 33 (SEPTEMBRE 1953)

Habitat rural et confort.

Comparaison entre les prix de différents systèmes de cloison.

GROS OEUVRE : Une belle contribution de la pierre à la construction moderne.

Les joints dans la construction en ciment armé.

MÉTAL : Immeuble rue Rabelais, à Paris.

Ces textes s'attachent à présenter, d'une façon à la fois simple et complète, des renseignements utiles.

Prix du numéro : 300 F

NOUVEAUTÉS BREVETÉES : Serrurerie.

BOIS : Mise en peinture et vernissage du bois (II).

AÉRODYNAMIQUE ET VENTILATION : La ventilation naturelle des bâtiments par ouvertures sur façade ou sur cour.

LES RÉALISATIONS ÉTRANGÈRES : Gratte-ciel en briques.

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE : Chute unique sans ventilation secondaire.

Les vicissitudes d'une création urbaine : « NAPOLÉON-VENDÉE ».

La théorie de l'imprévision appliquée aux marchés de travaux publics (II).

Fiches bibliographiques.

Abonnement d'un an : 2 500 F
(Neuf numéros)

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SESSION 1953-1954 (Première série de Conférences et de Visites de chantiers)

Les conférences ont lieu : Salle de la Fédération Nationale du Bâtiment, 7, rue La Pérouse, Paris-XVI^e.

LES 9, 10, 12 et 13 NOVEMBRE 1953

JOURNÉES ILE-DE-FRANCE

Sous la présidence d'honneur et avec la participation effective de Monsieur le Ministre de la Reconstruction et du Logement.

Au cours de conférences et de visites de chantiers dans l'Ile-de-France :

- Exposé des programmes, des études et des solutions auxquels a donné lieu la construction des immeubles collectifs d'État, des immeubles d'expérience, des cités administratives, des H. L. M.
- Synthèse des enseignements donnés par ces réalisations au point de vue des procédés de construction, des procédés d'équipement, des conditions de logement et des prix.

Le programme détaillé de ces Journées sera envoyé en temps utile aux adhérents de la région parisienne, ainsi qu'aux adhérents de province et de l'étranger qui en feront la demande.

MARDI 17 NOVEMBRE 1953, à 17 h. 30

Sous la présidence de M. OUTREY, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

POSSIBILITÉS D'EMPLOI DU CIMENT FONDU
AVEC D'AUTRES CIMENTS AU SEIN DE DIVERSES AMBIANCES

par M. DURIEZ, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Directeur des Services Techniques
du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

MARDI 24 NOVEMBRE 1953, à 17 h. 30

Sous la présidence de M. CHAPOUTHIER,
Contrôleur Général à l'Électricité de France,

CONTROLE DE LA QUALITÉ DES BÉTONS
UTILISÉS SUR LES CHANTIERS DES GRANDS BARRAGES

par M. KILIAN, Chef du Laboratoire
de la Région d'Équipement Hydroélectrique Garonne de l'Électricité de France.

MARDI 1^{er} DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS DU TRAVAIL
SUR LES CHANTIERS DE BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
par M. Pierre CALONI, Secrétaire Général
de l'Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics.

MARDI 8 DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

TRAVERSÉE D'UN BANC DE QUARTZITES FLUENTS ET SOUS PRESSION
PAR LA GALERIE DE MALGOVERT

par M. J.-H. ROUSSELLE, Ingénieur en Chef de l'Aménagement.

MARDI 15 DÉCEMBRE 1953, à 17 h. 30

ASPECTS PRATIQUES DE LA PRÉCONTRAINTE PAR CABLES
par M. MONTAGNON, Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'INFORMATION TECHNIQUE CINÉMATOGRAPHIQUE

MERCREDI 4 NOVEMBRE 1953, à 18 h précises

Programme :

PIPELINE AU MAROC.

LA CHAUDANNE (Consolidation par pose d'attaches du bloc rocheux servant d'appui au barrage).

MÉCANISATION DES CHANTIERS DE SUBSTITUTION DE VOIES.

PEINTURES ET VERNIS : Emploi pour le traitement des surfaces métalliques.

La carte spéciale d'inscription sera demandée à l'entrée.

MERCREDI 9 DÉCEMBRE 1953, à 18 h précises

Le programme de la séance sera communiqué ultérieurement.